

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



*Una Institución Adventista*

**Desarrollo de protocolos de interoperabilidad BIM estructural  
para proyectos de edificación**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Reinhold Giovani Thea Huaccha  
Rony Adolfo Salluca Añamuro

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

**Juliaca, diciembre de 2019**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE INTEROPERABILIDAD BIM ESTRUCTURAL PARA PROYECTOS DE EDIFICACIÓN" constituye la memoria que presenta los Bachilleres Reinhold Giovani Thea Huaccha y Rony Adolfo Salluca Añamuro para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve.

Ing. Herson Duberly Pari Cusi





066

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 19 día(s) del mes de diciembre del año 2019, siendo las 14:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Mtro. Lennin Henry Canturión Julca, el secretario: Mg. Arnaldo Cahui Galarza y los demás miembros: Ing. Moisés Araca Chile y el asesor: Ing. Herson Duberly Pan

Cusi con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: «Desarrollo de protocolos de interoperabilidad BIM estructural para proyectos de edificación»

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) Reinhold Giovanni Thea Huaccha  
b) Rony Adolfo Salluca Añamuro

Ingeniero Civil

(Nombre del Título Profesional)

con mención en:

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)/las candidato(a)s a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Reinhold Giovanni Thea Huaccha

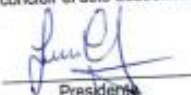
CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato (b): Rony Adolfo Salluca Añamuro

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

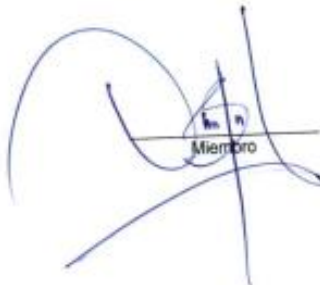
(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)/las candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

  
Presidente

  
Asesor

  
Candidato/a (a)

  
Miembro

  
Secretario

  
Miembro

  
Candidato/a (b)

## **DEDICATORIA**

A Dios, por la vida, salud y el conocimiento.

A nuestros queridos y amados padres, por todo su apoyo, y hacer de nosotros, cada día mejor persona, dejándonos como mejor herencia una profesión.

A nuestros compañeros y amigos que siempre estuvieron compartiendo vida y amistad junto a nosotros.



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios nuestro señor, por ser nuestro guía y compañía en cada momento a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad, y por brindarnos una vida llena de aprendizaje.

A la Universidad Peruana Unión, Alma Mater que nos ha acogido durante todos los años de nuestra formación académica profesional, enseñándonos aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar, llevándonos una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por compartirnos sus conocimientos, experiencias y amistad durante nuestra etapa universitaria, por su tiempo y dedicación para formar profesionales competentes.

A nuestro Asesor de Tesis, Ingeniero Herson Duberly Pari Cusi, por sus consejos, paciencia, apoyo y colaboración durante el desarrollo del presente trabajo de investigación. A nuestros amigos y compañeros de promoción, por su colaboración y apoyo de forma directa e indirecta durante la ejecución y desarrollo del presente proyecto experimental.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>V</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>SÍMBOLOS USADOS .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XX</b>
<b>CAPITULO 1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>21</b>
1.1. Contextualización el problema .....	21
1.2. Formulación del problema .....	22
1.2.1. Problema general .....	22
1.2.2. Problemas específicos .....	22
1.3. Justificación .....	23
1.4. Objetivos .....	24
1.4.1. Objetivo general.....	24
1.4.2. Objetivos específicos.....	24
<b>CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes .....	25
2.2. Building Information Modeling (BIM) .....	28
2.2.1. Visiones del BIM .....	29
2.2.2. BIM y el edificio.....	30
2.2.3. BIM software .....	31
2.2.4. Niveles de madurez del BIM .....	34
2.2.5. Del nivel 2 al nivel 3.....	36
2.2.6. El modelo federado contra el modelo único.....	39
2.2.7. BEP o Plan de Ejecución BIM .....	40
2.2.8. Nuevos perfiles profesionales .....	41
2.2.9. Beneficios .....	42
2.2.10. BIM en el Perú .....	42
2.3. OpenBIM.....	43
2.3.1. Definición .....	43
2.3.2. Ventajas.....	44

2.4.	IFC (Industry Foundation Classes) .....	44
2.4.1.	Definición .....	44
2.4.2.	Estructura.....	45
2.4.3.	Ventajas .....	48
2.4.4.	Formatos de archivo IFC .....	49
2.4.5.	Definición de vista de modelo (MVD) .....	49
2.4.6.	Versiones .....	50
2.4.7.	BIM e IFC.....	52
2.4.8.	BuildingSMART e IFC .....	53
2.5.	Software.....	54
2.5.1.	Autodesk Revit.....	54
2.5.2.	Autodesk Robot Structural Analysis Professional.....	54
2.5.3.	Sap2000.....	55
2.5.4.	Etabs.....	55
2.6.	BIM Estructural o SBIM .....	55
2.6.1.	Análisis Estructural .....	56
2.6.2.	Modelo Físico y Modelo Analítico.....	57
2.6.3.	Método de Elementos Finitos o MEF .....	57
<b>CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>59</b>
3.1.	Tipo de investigación.....	59
3.2.	Diseño de investigación.....	60
3.3.	Formulación de la hipótesis.....	60
3.3.1.	Hipótesis general .....	60
3.3.2.	Hipótesis específicas.....	60
3.4.	Variables de la investigación.....	61
3.4.1.	Variables independientes (VI) .....	61
3.4.2.	Variables dependientes (VD) .....	61
3.5.	Fases de desarrollo .....	63
3.5.1.	Recopilación de información .....	63
3.5.2.	Etapas de desarrollo de protocolos de interoperabilidad .....	63
3.5.3.	Proceso y criterios de comunicación interoperable .....	66
3.6.	Recursos para la recolección de datos .....	66
3.7.	Descripción del lugar de estudio .....	66
3.8.	Guías y normas utilizadas. ....	66
3.8.1.	Guías.....	66
3.8.2.	Normativa.....	67
3.9.	Proceso de ejecución BIM.....	67

3.10.	Modelo BIM .....	67
3.10.1.	Tipos y entidades de modelo BIM .....	67
3.10.2.	Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM .....	68
3.11.	Estado de avance de información de los modelos .....	70
3.12.	Diseño de procesos de ejecución BIM.....	71
3.12.1.	Simbología para la representación del mapa de procesos .....	71
3.12.2.	Nivel 1: mapa general de BIM .....	72
3.12.3.	Nivel 2: mapas detallados del proceso de uso de BIM.....	73
3.13.	Intercambio de información BIM.....	76
3.14.	Tipos de información .....	76
3.14.1.	Tipos de información (TDI) .....	76
3.14.2.	Tipos de información por cada uso BIM.....	78
3.15.	Niveles de desarrollo (LOD) .....	79
3.15.1.	Niveles de desarrollo por tipos de información .....	82
3.15.2.	Niveles de desarrollo por estados de avance de la información de los modelos ....	83
3.16.	Matriz de responsabilidades.....	85
3.17.	Criterios de funcionamiento.....	85
3.18.	Requisitos Mínimos BIM.....	85
3.19.	Programa de espacios categorización .....	85
3.19.1.	Requisitos mínimos .....	85
3.19.2.	Códigos de espacio .....	85
3.19.3.	Tipologías y espacios utilidad de omniclass y uniclass .....	88
3.19.4.	Normas para la numeración de series de espacios.....	90
3.19.5.	Categorización.....	91
3.19.6.	Leyendas de espacios.....	92
3.20.	Organización del trabajo compartido .....	94
3.21.	Bases de datos de precios y materiales .....	94
3.21.1.	Bases de datos de precios .....	94
3.21.2.	Códigos de materiales .....	94
3.21.3.	Materiales del proyecto .....	95
3.21.4.	Prioridades de intersección automática .....	96
3.21.5.	Compuestos de elementos constructivos muros, forjados, cubiertas y formas constructivas .....	97
3.22.	Identificadores y formato .....	97
3.22.1.	Criterios generales.....	97
3.22.2.	Criterios de codificación .....	99
3.22.3.	Longitud del id .....	99

3.22.4.	Distinción mayúsculas-minúsculas y separador .....	100
3.23.	Tipos de elementos no estructurales e identificadores.....	100
3.23.1.	Muros .....	101
3.23.2.	Puertas.....	101
3.23.3.	Ventanas .....	102
3.23.4.	Componentes.....	102
3.23.5.	Mobiliario en general .....	102
3.23.6.	Escaleras .....	102
3.23.7.	Suelos .....	103
3.24.	Tipos de elementos estructurales .....	103
3.24.1.	Pilares .....	104
3.24.2.	Vigas .....	106
3.24.3.	Muros estructurales .....	106
3.24.4.	Losas.....	107
3.24.5.	Cubiertas.....	107
3.24.6.	Cimentaciones .....	107
3.25.	Tipos de elementos MEP e identificadores.....	107
3.25.1.	Criterios generales para marca tipo de sistemas MEP .....	107
3.25.2.	Equipamientos MEP mecánica conductos.....	108
3.25.3.	Equipamientos MEP eléctricos.....	108
3.25.4.	Lámparas .....	108
3.26.	Tipos de elementos e identificadores.....	109
3.26.1.	Zonas .....	109
3.26.2.	Acabados asociados a zonas.....	109
3.26.3.	Elementos auxiliares.....	110
3.27.	Lista de identificadores de tipos de elementos del proyecto .....	110
3.28.	Tiempo de modelado .....	113
3.28.1.	Metodología BIM.....	113
3.28.2.	Método tradicional .....	114
3.28.3.	Consideración .....	114
3.29.	Análisis estructural.....	114
3.29.1.	Metodología BIM.....	114
3.29.2.	Método tradicional .....	114
3.29.3.	Edificación a modelar .....	114
3.29.4.	Información del edificio .....	115
<b>CAPITULO 4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>121</b>
4.1.	Resultados .....	121

4.1.1.	Lenguaje IFC .....	121
4.1.2.	Transferencia de información .....	125
4.1.3.	Protocolos .....	125
4.1.4.	Tiempo de modelado tradicional vs BIM .....	133
4.1.5.	Análisis estructural de los modelos utilizados.....	135
4.2.	Discusión .....	156
4.2.1.	Lenguaje IFC .....	156
4.2.2.	Transferencia de información .....	156
4.2.3.	Protocolos .....	157
4.2.4.	Tiempo de generación de modelos .....	158
4.2.5.	Análisis estructural de los modelos utilizados.....	159
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>161</b>
5.1.	Conclusiones .....	161
5.2.	Recomendaciones .....	163
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>165</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>173</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 BIM software certificados por BuildingSMART .....	32
Tabla 2 Elementos contenidos en IFCElement.....	47
Tabla 3 Elementos contenidos en IFCSpatialStructureElement.....	48
Tabla 4 Formatos de archivo IFC .....	49
Tabla 5 Evolución del IFC.....	50
Tabla 6 Diferencias entre la investigación cualitativa y cuantitativa.....	59
Tabla 7 Operacionalización de variables .....	62
Tabla 8 Símbolos utilizados para la representación del mapa de procesos .....	71
Tabla 9 Códigos de espacio personalizado .....	86
Tabla 10 Equivalencias de espacios con Omniclass y Uniclass 2 .....	87
Tabla 11 Equivalencias de espacios con Omniclass .....	88
Tabla 12 Clasificación de materiales según generador de Cype .....	96
Tabla 13 Nomenclaturas según etapas del proyecto.....	99
Tabla 14 Longitud de ID, sistema BIM .....	99
Tabla 15 Tipos y codificación de muros .....	101
Tabla 16 Elementos estructurales y su codificación recomendada.....	104
Tabla 17 Elementos no estructurales.....	111
Tabla 18 Elementos estructurales .....	111
Tabla 19 Sistemas MEP: tuberías .....	112
Tabla 20 Sistemas MEP: conductos .....	112
Tabla 21 Mobiliario.....	112
Tabla 22 Sistemas MEP: electricidad y comunicaciones. ....	113
Tabla 23 Características del modelo cuadrado.....	115
Tabla 24 Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 5 pisos .....	116
Tabla 25 Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 10 pisos .....	117
Tabla 26 Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 15 pisos .....	117
Tabla 27 Características del modelo rectangular .....	118
Tabla 28 Predimensionamiento del edificio de forma rectangular de 5 pisos .....	119
Tabla 29 Predimensionamiento del edificio de forma rectangular de 10 pisos .....	120
Tabla 30 Predimensionamiento del edificio de forma rectangular de 15 pisos .....	120
Tabla 31 Atributos IFC columnas. ....	123
Tabla 32 Atributos IFC vigas. ....	123
Tabla 33 Atributos IFC losas. ....	124
Tabla 34 Atributos IFC muros.....	124
Tabla 35 Evaluación de transferencia IFC. ....	125

Tabla 36 Protocolos IFC para columnas. ....	126
Tabla 37 Protocolos IFC para vigas. ....	127
Tabla 38 Protocolos IFC para losas. ....	128
Tabla 39 Protocolos IFC para muros. ....	129
Tabla 40 BIM software resultados de interoperabilidad de las cuatro entidades.....	132
Tabla 41 Control de tiempo de modelado estructura cuadrada .....	133
Tabla 42 Control de tiempo de modelado estructura rectangular .....	134
Tabla 43 Control de tiempo de modelado estructura cuadrada. ....	134
Tabla 44 Control de tiempo de modelado estructura rectangular. ....	135
Tabla 45 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	137
Tabla 46 Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	137
Tabla 47 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x .....	138
Tabla 48 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y .....	138
Tabla 49 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas. ....	138
Tabla 50 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	139
Tabla 51 Metodología BIM– Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	139
Tabla 52 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x .....	140
Tabla 53 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje y .....	140
Tabla 54 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas. ....	140
Tabla 55 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	141
Tabla 56 Metodología BIM– Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	142
Tabla 57 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x .....	142
Tabla 58 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje y .....	143
Tabla 59 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas. ....	143
Tabla 60 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	144
Tabla 61 Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	145
Tabla 62 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X .....	145
Tabla 63 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y .....	145
Tabla 64 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas .....	146
Tabla 65 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	146
Tabla 66 Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	147
Tabla 67 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X .....	147
Tabla 68 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y .....	148
Tabla 69 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas .....	148



Tabla 70 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	149
Tabla 71 Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	150
Tabla 72 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X .....	150
Tabla 73 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y .....	151
Tabla 74 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas. ....	151
Tabla 75 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	152
Tabla 76 Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa .....	152
Tabla 77 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X .....	153
Tabla 78 Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y .....	153
Tabla 79 Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas .....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Terminología de dimensiones BIM. ....	29
Figura 2. Esquema simplificado que representa los niveles de madurez del BIM.....	35
Figura 3. Modelo BIM Federado (Izquierda) a diferencia de un modelo BIM Único (Derecha). .....	37
Figura 4. Principales diferencias entre el Nivel 2 de BIM y el Nivel 3 de BIM.....	38
Figura 5. Esquema de Modelo Integrado.....	39
Figura 6. Esquema de Modelo Federado.....	40
Figura 7. Funcionamiento del IFC. ....	45
Figura 8. Estructura del IFC. ....	46
Figura 9. Contenido de un archivo IFC. ....	46
Figura 10. Ciclo de vida BIM. ....	56
Figura 11. Modelo físico vs modelo analítico. ....	57
Figura 12. División o discretización de un elemento.....	58
Figura 13. División o discretización de un elemento.....	58
Figura 14. Análisis del lenguaje de comunicación IFC. ....	63
Figura 15. Evaluación de la transferencia de la información.....	64
Figura 16. Desarrollo de protocolos que mejore la asimilación del flujo de trabajo. ....	64
Figura 17. Control de tiempo de flujo de trabajo.....	65
Figura 18. Evaluación de la respuesta estructural de un modelo generado bajo el enfoque OpenBIM.....	65
Figura 19. Modelos y entidades BIM.....	68
Figura 20. Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM. ....	69
Figura 21. Estado de avance de la información de los modelos ....	70
Figura 22. Mapa general del BIM ....	73
Figura 23. Mapas detallados del proceso de uso del BIM.....	74
Figura 24. Mapas detallados del proceso de uso Estructural BIM ....	75
Figura 25. Tipos de información.....	77
Figura 26. Tipos de información por cada uso del BIM ....	78
Figura 27. LOD (Level Of Detail) 100.....	79
Figura 28. LOD (Level Of Detail) 200.....	80
Figura 29. LOD (Level Of Detail) 300.....	80
Figura 30. LOD (Level Of Detail) 400.....	81
Figura 31. LOD (Level Of Detail) 500.....	81
Figura 32. LOD (Level Of Detail) 350.....	82
Figura 33. Niveles de Desarrollo por tipo de información.....	83

Figura 34. Niveles de Desarrollo por estados de avance de la información de los modelos	84
Figura 35. Extension classification manager	89
Figura 36. Enumeración de serie de espacios	90
Figura 37. Esquema de color según serie de espacios	91
Figura 38. Codificación de edificio, planta y zona	92
Figura 39. Categorización de código	92
Figura 40. Asignación de nomenclaturas para la leyenda de espacios	93
Figura 41. Habitaciones y listados en función de sus parámetros	93
Figura 42. Base de datos de precios Guadalajara	94
Figura 43. Clasificación de materiales según su nota clave	95
Figura 44. Demostración de la forma de asignación de pilar y muro	97
Figura 45. Editor de estructura para diferentes tipos de muros	97
Figura 46. Revit, identificador de elemento	98
Figura 47. Criterio de codificación de elementos	99
Figura 48. Elementos no estructurales	100
Figura 49. Configuración y activación parámetro estructura	101
Figura 50. Revit muro	101
Figura 51. Revit puerta	102
Figura 52. Revit ventana	102
Figura 53. Revit componente	102
Figura 54. Revit escalera	103
Figura 55. Revit suelo	103
Figura 56. Elementos definición de pórticos	104
Figura 57. Pórticos y rejillas	105
Figura 58. Revit columna	106
Figura 59. Revit vigas	106
Figura 60. Revit muro de contención	106
Figura 61. Revit losa	107
Figura 62. Revit cubierta	107
Figura 63. Revit cimentación	107
Figura 64. Revit equipamientos MEP mecánica conductos	108
Figura 65. Revit equipamientos MEP eléctricos	108
Figura 66. Revit lámparas	109
Figura 67. Revit elementos auxiliares	110
Figura 68. Estructuración del edificio de forma cuadrada de 5 y 10 pisos	115
Figura 69. Estructuración del edificio de forma cuadrada de 15 pisos	116
Figura 70. Estructuración del edificio de forma rectangular de 5 y 10 pisos	118

Figura 71. Estructuración del edificio de forma rectangular de 15 pisos.....	119
Figura 72. Estructuración de IFC interno. ....	121
Figura 73. Composición de escritura de IFC.....	122
Figura 74. Clases de exportación IFC.....	130
Figura 75. Parámetro IFC.....	130
Figura 76. Verificación de parámetro IFC añadido. ....	131
Figura 77. Opciones de exportación IFC. ....	131
Figura 78. Verificación de parámetro IFC añadido en lector IFC. ....	132
Figura 79. Tiempo de modelado tradicional estructura cuadrada .....	133
Figura 80. Tiempo de modelado estructura rectangular .....	134
Figura 81. Tiempo de modelado BIM estructura cuadrada .....	135
Figura 82. Tiempo de modelado BIM estructura rectangular .....	135
Figura 83. Modelo analítico de estructura cuadrada.....	136
Figura 84. Modelo 5 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot.....	136
Figura 85. Modelo 10 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot.....	138
Figura 86. Modelo 15 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot.....	141
Figura 87. Modelo analítico de estructura rectangular.....	143
Figura 88. Modelo 5 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot.....	144
Figura 89. Modelo 10 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot.....	146
Figura 90. Modelo 15 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot.....	149
Figura 91. Propiedades de sección por defecto en Etabs - Columna 3 .....	154
Figura 92. Propiedades de sección por defecto en Sap2000 – Columna 3.....	154
Figura 93. Configuración factor de modificación de propiedad en Etabs – Columna 3.....	155
Figura 94. Configuración factor de modificación de propiedad en Sap2000 – Columna 3..	155

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Proceso de Comunicación Interoperable BIM .....	173
ANEXO B: Robot vs Sap2000 vs Etabs vs Calculo .....	173
ANEXO C: Control de calidad de los modelos.....	173

## **SÍMBOLOS USADOS**

AEC	Architecture, Engineering and Construction
AECO	Architecture, Engineering, Construction and Operations
AIA	American Institute of Architects
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling
BS	British Standards
bsDD	BuildingSMART Data Dictionary
BSI	British Standards Institution
CAD	Computer Aided Design
CSI	Computer & Structures Inc.
DAM	Direct Analysis Method
DOF	Degrees of freedom
FEA	Finite Element Analysis
FEM	Finite Element Method
FM	Facility Management
HVAC	Heating, ventilation, air conditioning and cooling
IAI	International Alliance for Interoperability
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
IFD	International Framework for Dictionaries
ISM	Integrated Structural Modelling
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Level Of Detail/ Level Of Development
MEP	Mechanical, electrical and plumbing
MVD	Model View Definitions
NBN	Normalisation Belge/Belgische Normalisatie
O&M	Operations & Maintenance
PAS	Publicly Available Specifications
RSA	Robot Structural Analysis
SMC	Solibri Model Checker

## RESUMEN

La metodología BIM se extendió por el mundo implementándose en varios países, actualmente Perú es uno de los países que se suma al movimiento del cambio mediante BIM, ya que el sector de la construcción viene arrastrando problemas muy importantes desde hace muchos años, por los recurrentes retrasos y sobrecostos que se da en las inversiones de infraestructura.

La implementación de BIM se ha dado en varios países, por lo que se puede aprovechar sus experiencias, ya que representan información relevante de cómo se ha desarrollado el proceso de implementación BIM, esto puede ser utilizado para realizar predicciones sobre los retos o barreras que tendrá que afrontar el BIM en el Perú y prevenirlos, siendo el más grande de estos la resistencia al cambio, es decir, la dificultad de dejar atrás la forma tradicional de cómo se realizaban los proyectos, esto se debe en general a la desinformación.

Entonces, en función de que en Perú el uso de BIM en los proyectos de construcción será obligatorio y que uno de los problemas que tendrá que enfrentar es la resistencia al cambio, la presente investigación se desarrolla con la intención de dejar en claro inquietudes, dudas o conceptos erróneos que se pueden generar para quien tenga el interés de ingresar en mundo BIM, así mismo, se desarrolla una herramienta que a través de protocolos permitirá el proceso de comunicación e interoperabilidad que puede ser usado para comenzar a aplicar BIM para la especialidad de ingeniería estructural en la etapa de diseño del proyecto.

**Palabras claves:** Metodología BIM, Plan BIM Perú, protocolos, ingeniería estructural, retraso y sobrecosto, barreras BIM, interoperabilidad.

## **ABSTRACT**

The BIM methodology spread throughout the world being implemented in several countries, Peru is currently one of the countries that joins the movement of change through BIM, since the construction sector has been dragging very important problems for many years, by the recurring delays and cost overruns in infrastructure investments.

The implementation of BIM has occurred in several countries, so you can take advantage of their experiences, since they represent relevant information on how the BIM implementation process has been developed, this can be used to make predictions about the challenges or barriers you will have that facing the BIM in Peru and preventing them, being the greatest of these resistance to change, that is, the difficulty of leaving behind the traditional way of carrying out the projects, this is due in general to misinformation.

So, depending on the fact that in Peru the use of BIM in construction projects will be mandatory and that one of the problems that you will have to face is resistance to change, this research is developed with the intention of making clear concerns, doubts or misconceptions that can be generated for those who have the interest of entering the BIM world, likewise, a tool is developed that through protocols will allow the process of communication and interoperability that can be used to start applying BIM for the specialty of structural engineering in the design stage.

**Keywords:** BIM methodology, BIM Peru Plan, protocols, structural engineering, delay and cost overruns, BIM barriers, interoperability.



## **CAPITULO 1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

### **1.1. Contextualización el problema**

En un proyecto de construcción cualquiera, intervienen distintas especialidades, estas trabajan individualmente, pero apuntan a un objetivo en común que es la realización del proyecto, y en el afán de aumentar la eficacia y gracias al avance tecnológico se utilizan herramientas computacionales acelerando y precisando mejor todos los procesos que se realizaban manualmente, pero si bien se mejoró los procesos manuales, la interacción o relación entre especialidades se mantiene, es decir que se trabaja de forma individual o privada lo que conlleva a malos entendidos produciendo el aumento de tiempo y costo, ya que al no haber un ambiente colaborativo la información que se genera se torna poco confiable y/o legible. Debido a que estos aumentos de costos y tiempo se presentan frecuentemente se creó o propuso la mejora de la metodología de trabajo, es decir de pasar del individualismo a un entorno colaborativo a través de la aplicación adecuada de las herramientas computacionales, esta metodología recibe el nombre de Modelamiento de la Información para Construcción (BIM - Building Information Modeling).

La metodología BIM está siendo implementado ya por varios países desarrollados en Europa y Norteamérica (Gonzales, 2019). Para el caso de Sudamérica quien encabeza el desarrollo, implementación o adopción de la metodología BIM es Chile. El éxito de la implementación que tiene BIM a través del mundo se debe a los grandes beneficios o ventajas que implican su aplicación, pero este éxito solo es relativo, ya que irónicamente uno de los grandes problemas, retos o desafíos que se presenta es la resistencia a la implementación o cambio (Lucrecia, 2019). Esta resistencia al cambio se da por la combinación del desconocimiento y mala información de la metodología BIM.

Uno de los retos verdaderos que afrontó BIM es la limitación o inaccesibilidad para todos, ya que para poder aplicarlo es necesario el uso de software, pero estos software se desarrollaron con la intención de ser utilizados para la metodología BIM y por lo mismo tenía muchas ventajas sobre otros ya que permitían trabajar colaborativamente permitiendo la interoperabilidad, en función a esta inaccesibilidad se desarrolló el lenguaje IFC (Industry Foundation Classes), este lenguaje fue la solución a la falta de interoperabilidad dando puertas abiertas para el ingreso a cualquier software a la metodología BIM, este lenguaje se desarrolló por la iniciativa OpenBIM que tiene como principal objetivo la disposición de flujos de trabajo compatibles, es decir acceso sin limitantes a BIM para todos.

Debido al evidente crecimiento y los beneficios que puede ofrecer la metodología BIM, el estado peruano apostó por esta metodología dando los primeros pasos en el gran camino de

la implementación de BIM con el fin de llegar a su uso obligatorio, por lo que se genera un sentido de responsabilidad u obligatoriedad de que la comunidad AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) que está formada tanto por profesionales como estudiantes tengan que capacitarse en esta metodología. Hay que tener en cuenta que la metodología BIM engloba a todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, pero esto no significa que los que tengan la intención de ingresar al mundo del BIM tengan que capacitarse en todas las especialidades que intervienen en el proyecto, ya que sobre quien recae la responsabilidad del éxito de la aplicación de BIM en el proyecto será el especialista BIM denominado BIM Manager y dependiendo de la envergadura del proyecto las tareas se dividirán con los Coordinadores BIM y a su vez ellos delegarán a los Modeladores BIM; pero esto tampoco puede tomarse como la eximición de la responsabilidad de aprender BIM ya que cada profesional especialista en su área debe tener conocimientos sólidos así como un cierto dominio de la metodología BIM para que puedan aplicarlo y de esta manera mejorar sus flujos de trabajo, beneficiarse de las ventajas que ofrece BIM y estar preparados para afrontar los proyectos que exijan BIM.

Como se mencionaba en el anterior párrafo es una responsabilidad personal el prepararse para afrontar proyectos con exigencia BIM, hay que considerar que, aunque los lineamientos generales se pueden compartir para cada especialidad que interviene en un proyecto de construcción realizando los ajustes de acuerdo a las necesidades de cada especialidad, la preparación tendrá aspectos únicos de acuerdo a la especialidad ya que las necesidades de cada uno de estos no son iguales. Una de estas especialidades es la Ingeniería Estructural y se puede considerar una de las más importantes, ya que, según McGraw Hill (2012), el BIM Estructural tiene una de las menores relaciones valor/dificultad, mientras que tiene uno de los índices más altos de frecuencia, es decir que, su presencia es infaltable o muy recurrente en un proyecto de construcción.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿El desarrollo de documentación bajo el enfoque OpenBIM podría lograr la interoperabilidad BIM de los softwares estructurales más usados en el Perú?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Sería adecuado el uso del lenguaje IFC para lograr la interoperabilidad BIM entre software distintos?

¿Garantizaría el lenguaje de comunicación IFC alcanzar la interoperabilidad BIM de los softwares estructurales usados en el Perú?

¿Como se conseguiría una asimilación rápida del flujo de trabajo del enfoque OpenBIM?

¿El proceso de modelado podría acelerarse si se aplican protocolos de interoperabilidad BIM?

¿Los modelos realizados con el enfoque OpenBIM generarán resultados aceptables?

### **1.3. Justificación**

En Perú este año se dictó la incorporación progresiva de herramientas obligatorias de modelado digital de la información (Ley N°30225, 2019), siendo una clara advertencia del cambio radical que en los próximos años se dará con la incorporación de BIM y aunque pase por desapercibido ya que no es obligatorio actualmente, pero en los últimos meses la advertencia se convirtió en una realidad, ya que para marzo del 2020 se comenzará con la aplicación del Plan BIM y hoja de ruta en el Perú, claro que será gradualmente, pero esto no quita el hecho de que ya es una realidad el BIM en el Perú y que para el año 2030 BIM será de uso obligatorio (Decreto Supremo N°237, 2019).

Entonces dado el gran cambio que ocurrirá en Perú, la preparación de todos los que forman parte de la comunidad AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) en la metodología BIM es necesaria, ya que y aunque esta metodología lleva mucho tiempo rondando e implementándose en varios países del Mundo en el Perú no se le ha dado la importancia que merece por lo que se puede considerar que el Perú no está preparado para este cambio, existe mucho desconocimiento y a la vez mala información, por lo que es necesario difundir el conocimiento sobre BIM, definir muy bien lo que esta metodología significa y como funciona; aclarar los puntos que más dudas o inquietudes se generaron sobre esta metodología y sobre todo dar una herramienta o una base bajo la cual se pueda comenzar a implementar BIM.

La difusión correcta de la metodología BIM es la clave para que su implementación se realice con la mayor aceptación y menor resistencia, por lo que se puede considerar como una necesidad, esto tanto para los profesionales como para los estudiantes, ya que afrontarse a la resistencia al cambio será uno de los retos más grandes para BIM en el Perú, así como ya pasó en los países que ya implementaron BIM como Chile, ya que, lo que se puede observar de que a pesar de la gran madurez que Chile tiene en BIM, de los usuarios BIM, solo el 48% tiene una capacitación formal de BIM en universidad o instituciones que fomentan

BIM, en el caso de los estudiantes de pregrado, solo el 33% de egresados aprendieron a utilizar BIM y que quienes tienen el menor conocimiento sobre el Plan BIM chileno son los ingenieros estructurales y MEP (Mecánico, Eléctrico y Plomería) (Loyola, 2019). Se debe tener en cuenta como se ha desarrollado BIM en otros países que lo implementaron, ya que se puede considerar una advertencia de que posiblemente es lo que vaya a pasar en el Perú.

Cada especialidad de cada carrera profesional requerirá de atención especial o personalizada en la preparación o capacitación sobre la metodología BIM, ya que las necesidades serán diferentes y abarcar todos los agentes que intervienen en un proyecto de construcción es muy difícil, ya que el desconocimiento de las herramientas, métodos de trabajo o necesidades se torna un impedimento para realizarlo. Para el caso de la ingeniería civil no es diferente y una de sus especialidades más representativas es la ingeniería estructural por lo cual, será de importancia y de interés para los ingenieros tener el conocimiento suficiente sobre BIM y una herramienta con la cual pueda comenzar a desplazarse con facilidad en el mundo BIM.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Desarrollar un proceso de comunicación a través de protocolos bajo el enfoque OpenBIM que permita y garantice la interoperabilidad BIM estructural entre sistemas ajenos para proyectos de edificación en el Perú.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar el lenguaje de comunicación IFC para garantizar la interoperabilidad BIM de los softwares Sap2000, Etabs y robot.
- Evaluar la transferencia de la información que salga o ingrese de un software a otro usando IFC.
- Desarrollar protocolos que mejoren la asimilación del flujo de trabajo del enfoque OpenBIM.
- Comparar el tiempo que toma generar un modelo con el enfoque OpenBIM entre un flujo de trabajo con y sin protocolos de operación.
- Evaluar la respuesta estructural de un modelo generado bajo el enfoque OpenBIM y uno generado de forma tradicional.

## **CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Uno de los antecedentes que marca el motivo y el afán de la realización del trabajo de investigación es la de Chacón y Cuervo (2017) en su Trabajo Especial de Grado titulado Implementación de la Metodología BIM para Elaborar Proyectos Mediante el Software Revit, se realizó una investigación sobre las nuevas metodologías de modelado paramétrico 3D que es conocido como BIM, en la cual concluye que la metodología BIM es una realidad en muchos países, por lo cual comienza a presentarse la obligatoriedad de su uso, por lo que cada vez es más necesario la investigación acerca de esta nueva metodología de trabajo para evitar la desactualización. Esta investigación da cuenta del posible escenario al que el BIM en el Perú tendrá que enfrentarse, que es superar el obstáculo de la resistencia al cambio debido a la desactualización en las nuevas metodologías por parte tanto de profesionales como de estudiantes, pero esto se puede evitar ya que aún se tiene tiempo suficiente para formar parte del gran cambio que significará el BIM en el Perú.

Aunque la metodología BIM abarca a todo el ciclo de vida del proyecto, el trabajo de investigación se enfoca en la ingeniería estructural y en función a esto, se considera la tesis de Montoya (2016) titulada Optimización de Estructuras de Naves Industriales Empleando Tecnología BIM donde parte de la premisa de que la tecnología BIM y el análisis de estructuras son temas aislados aunque BIM ya haya tenido tiempo considerable de aplicación, por lo que realiza una manera concreta de optimizar recursos en el desarrollo de proyectos de naves industriales y para esto primeramente determinó el software que contaría con la mejor interfaz con BIM, llegando a la conclusión de que entre Autodesk Robot Structural Analysis Professional, Sap2000 y STAAD.Pro, la mejor opción sería Robot ya que el vínculo que tiene con Revit facilita el proceso de intercambio de información eficiente. En el Perú hay que tener en cuenta que los softwares que más se utilizan para el análisis y diseño de edificaciones son Sap2000, Etabs y con el ingreso de BIM, Robot, por lo tanto, para que BIM sea accesible para todos, adecuar esta metodología o dar facilidad de ingresar a esta metodología a los softwares que no se desarrollaron con la intención u objetivo de trabajar bajo la metodología BIM se torna uno de los ejes del trabajo de investigación.

Otra tesis que tiene relación de la metodología BIM con la ingeniería estructural es la de Borja (2017) titulado Aplicación de Metodología BIM, en el Ciclo de Vida de Estructuras Industriales para Instalaciones Mecánicas, en la cual se planteó usar la metodología BIM aprovechando sus beneficios para sustituir un sistema de estructuras que debido a errores no cumple con el objetivo para el cual fue diseñado, en esta investigación se realiza

evaluaciones de la interoperabilidad usando el archivo IFC como Formato de Colaboración BIM entre Revit – Solidworks, - CypeCAD , y Cype 3D - Revit llegando a la conclusión de que aunque las herramientas que se utilizan en la metodología BIM permitan el uso de archivos IFC y anuncien su compatibilidad, no satisfacen por entero los propósitos de esta metodología. La tecnología avanza a pasos agigantados lo que conlleva a la constante mejora y ya que IFC es una pieza fundamental para la implementación BIM abierta sin limitaciones para los softwares que no son especializados para trabajar en BIM o también conocido como iniciativa o enfoque openBIM, uno de los puntos a desarrollar en el trabajo de investigación es el analizar el archivo IFC para que este pueda funcionar correctamente y se lleve adelante la implementación BIM bajo el enfoque openBIM

BIM es una metodología de colaboración interdisciplinaria y multiusuario; y para que se pueda llevar a cabo con éxito requiere de normas, guías o protocolos que marquen la ruta a seguir que es lo que se pretende generar en el trabajo de investigación lo que apoya la tesis de Montagud (2018) titulado Metodología BIM para Proyectos de Ingeniería Civil, en la cual llega a la conclusión que las políticas y normativas ayudan a la estandarización y regulación tanto de los procesos dentro de la metodología BIM y cómo se debería trabajar así como que la tecnología sea más abierta e interoperable entre los distintos agentes internos de esta. De esta tesis se puede resaltar otro punto además de las normativas, el cual es que la tecnología sea más abierta entre los agentes, lo que conlleva a dar un paso más en la automatización y en el proceso colaborativo, siendo más específico en la comunicación, aprovechando las tecnologías que se han desarrollado, parte de esto se puede percibir de forma inicial en el artículo de Malvar y Moreno (2016) titulado Seguimiento de Incidentes con Metodología BIM. Una Revisión a los Flujos de Trabajo Actuales y una Mirada al Futuro, en el cual el punto que genera más interés para el trabajo de investigación, es el uso del Formato de Colaboración BIM o BCF en el que contiene una lista de incidentes, describiéndolo en 2 niveles, primeramente el BCF se crea partir de software como TeklaBIMsight o Solibri Model Checker y se envía a través de correo electrónico al receptor interesado en la información del BCF que cargará en su modelo BIM y aprobando o rechazando el contenido del BCF se devolverá el archivo al emisor de la información, generándose así un proceso iterativo hasta la conformidad; para el nivel 2 ahora el medio de transmisión de la información ya no será el correo electrónico, si no los servidores web, con el objetivo de usar un servidor central como repositorio de datos para todos los archivos BCF creados a lo largo de la vida del proyecto. Mediante el proceso descrito por Malvar y Moreno (2016) los flujos de trabajo podrían realizarse al mismo tiempo sin la necesidad de la presencia física de los agentes que intervienen en el proyecto BIM.

Ramaji y Memari (2018) en su artículo de Interpretación de modelos analíticos estructurales desde la vista de coordinación en modelos de información de edificios. Indican que el diseño / análisis estructural es uno de los usos más necesarios de Building Information Modeling (BIM). Transformar un modelo de información de construcción en un modelo analítico de ingeniería es tedioso y requiere mucho tiempo.

Así mismo la transformación de la geometría, se requieren amplias modificaciones e interpretaciones para que el complejo modelo transformado esté listo para el análisis. A pesar de tal necesidad reconocida, las Clases de Fundamentos de la Industria (IFC) no se han desarrollado lo suficiente en los usos de análisis de ingeniería de BIM como en otros usos como la coordinación de diseño y la gestión de instalaciones. Como contribución para abordar este vacío, el desarrollo de un nuevo mecanismo se pretende discutir en este proyecto para la transformación de los modelos de información de construcción IFC en la Vista de coordinación a sus modelos estructurales equivalentes en la Vista de análisis estructural de IFC. Considerar a IFC como los formatos de archivo de entrada y salida del mecanismo aumenta significativamente el nivel de interoperabilidad en el proceso de interpretación del modelo propuesto.

Este mecanismo está diseñado para automatizar las operaciones de transformación, modificación y adiciones requeridas durante dichos intercambios de información. Para ilustrar la viabilidad de su implementación, se presenta una herramienta para automatizar el mecanismo desarrollado de Intercambio de Información Interpretada (IIE), y su aplicación a través de un estudio de caso sirve como validación del mecanismo.

La transición del CAD al BIM tiene su similitud en la transición del papel o rotring al PC o CAD hace ya 30 años en la década de los años 80. En esa época nos encontramos con una gran evolución tecnológica en el sector de la arquitectura, con la irrupción de los ordenadores o computadoras en nuestro hábito de trabajo. Para entonces, había muchísimos profesionales escépticos de las capacidades de los ordenadores y los softwares CAD, que veían como una inversión demasiada costosa y una pérdida de tiempo en formación e implementación innecesaria.

Aunque el BIM aún no haya alcanzado todo su esplendor a nivel de interoperabilidad, podemos decir que hoy en día disponemos ya de la tecnología necesaria para poder trabajar en el Nivel 2 según el RIBA sin ningún tipo de dificultad. Trabajar en BIM aporta ya grandísimos beneficios que hacen que el trabajo y la coordinación de un proyecto constructivo sea mucho más ágil, ordenado y riguroso que con procesos convencionales, convirtiendo a cualquier organización más productiva.

## **2.2. Building Information Modeling (BIM)**

Existen varias definiciones de lo que es el Modelado de información de construcción (BIM). Miettinen y Paavola (2014) hablan de BIM como una evolución de los sistemas CAD con más inteligencia y como un fenómeno complejo multidimensional. BIM lleva la visualización un paso más allá, permite simular el comportamiento de un edificio y permite una gestión de proyectos más eficiente (Miettinen y Paavola, 2014). Al principio, BIM se puede definir como una representación digital 3D orientada a objetos de un edificio (Miettinen y Paavola, 2014). Sin embargo, la Norma Nacional BIM de Estados Unidos (NBIMS-US) establece que las definiciones iniciales de BIM como simplemente un modelo 3D de una instalación no comunican el potencial de los procesos, herramientas y métodos de comunicación BIM (Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción, s.f ). En su lugar, NBIMS-US usa la siguiente definición:

Un BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Como tal, sirve como un recurso de conocimiento compartido para la información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante. (Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción, s.f.).

BIM se puede describir como una recopilación de información y datos según lo solicitan muchos interesados diferentes. Al hacer que todo esté disponible en un modelo accesible por todos los actores, hace que la parte colaborativa de BIM sea muy importante. Para esta colaboración, un área importante donde BIM se usa con frecuencia hoy en día es encontrar problemas potenciales al coordinar diferentes disciplinas. Esto se puede hacer, por ejemplo, utilizando un software específico para la detección de colisiones entre modelos de diferentes disciplinas. BIM también se puede utilizar para simulación de construcción, por ejemplo, para detectar posibles conflictos durante la construcción y para calcular cantidades y estimar costos. Un BIM puede contener cualquier información sobre un edificio y su contenido, que puede ser útil en la gestión de instalaciones. Un software puede, por ejemplo, utilizar un BIM para analizar el confort térmico y el consumo de energía de un edificio. (Chong, Preece, y Rogers, 2014)

Las áreas de uso para BIM a veces se clasifican en dimensiones, donde cada dimensión agrega nuevas posibilidades para el modelo (Johansson, Haftor, Magnusson y Rosvall, 2014). Estas dimensiones son:

- 3D – Geometría.
- 4D - Tiempo de construcción.



- 5D - Estimación de costos.
- 6D – Sustentabilidad.
- 7D – Manteniendo.

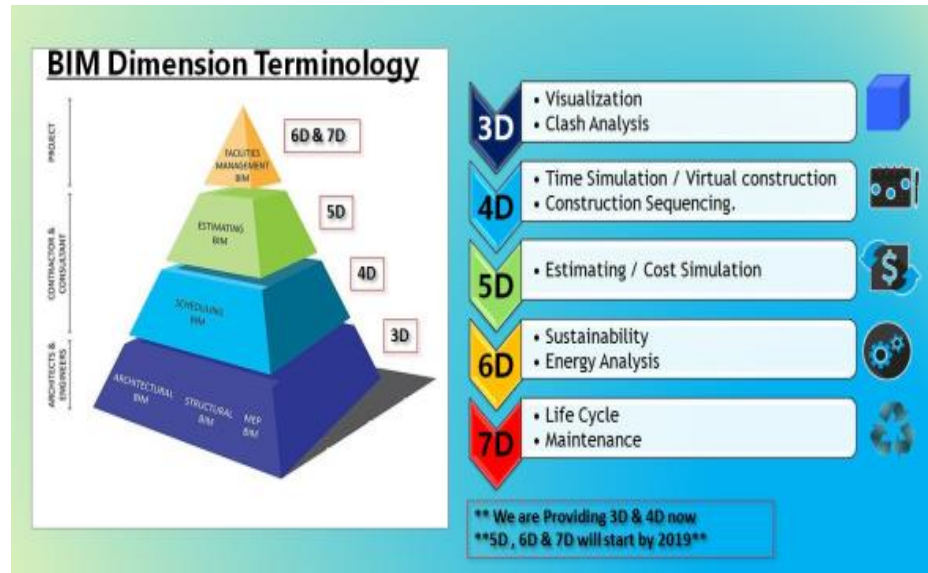


Figura 1. Terminología de dimensiones BIM.

Fuente: Ilovemyarchitect (s.f.).

### 2.2.1. Visiones del BIM

Miettinen y Paavola (2014) identifican cuatro áreas para las visiones de BIM. Un poco simplificado, estas áreas son como sigue:

- Un modelo BIM incluye todos los datos necesarios a los que puede acceder cualquier software BIM.
- Con la interoperabilidad de los datos entre varios modelos nativos diferentes, BIM permite nuevas formas de Colaboración entre diferentes actores.
- BIM se usa a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio, donde el modelo se mantiene actualizado.
- A través del uso de BIM en la industria de la construcción, se espera que la eficiencia y la productividad aumenten significativamente.

Teniendo en cuenta las dos primeras áreas, el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (s.f.) afirma que, en la actualidad, la industria aún no cuenta con la infraestructura o los estándares abiertos establecidos. Volk, Stengel y Schultmann (2014) encuentran que la interoperabilidad sigue siendo un obstáculo importante en el intercambio de datos BIM. El uso de BIM hasta ahora ha sido mayormente durante el proceso de

construcción y no en la gestión de instalaciones, pero esto puede estar a punto de cambiar, ya que recientemente se han investigado más los requisitos de gestión de instalaciones en BIM (Volk et al., 2014). Una investigación en la industria de la construcción sueca indica que existe la necesidad de sistemas simples y confiables mediciones de los efectos económicos de BIM, ya que a menudo se percibe un aumento de los costos a corto plazo (Vass y Gustavsson, 2015). Miettinen y Paavola (2014) resumen las cuatro áreas que muestran los potenciales evidentes de la implementación de BIM, pero se necesita más investigación para que BIM estudie, por ejemplo, el uso de diferentes disciplinas durante diferentes fases de construcción y cómo organizar nuevos usos de BIM.

### **2.2.2. BIM y el edificio**

El ciclo de vida de un edificio se puede dividir en las siguientes fases (Ekholm, Blom, Eckerberg, Löwnertz, & Tarandi, 2013):

- Planificación e investigación tempranas
- Diseño
- Construcción
- Mantenimiento y uso.

BIM se puede usar durante todas estas fases, pero la fase de diseño fue donde BIM fue la más utilizada por arquitectos e ingenieros (Ekholm et al., 2013). Además de estas fases, también se puede considerar una fase de deconstrucción, pero actualmente no es un área de uso común para BIM (Volk et al., 2014). La Administración de Servicios Generales de EE. UU. (2011) distingue cinco tipos diferentes de BIM utilizados durante el ciclo de vida de un edificio:

- Diseño intencional BIM
- Construcción BIM
- Coordinación BIM
- Record BIM
- As-Built BIM

Intención de diseño BIM se usa temprano durante el proceso de licitación. La construcción BIM se utiliza para fines de planificación, coordinación y ejecución de la construcción. La coordinación BIM es un modelo que incluye múltiples BIM de diseño y construcción, y se utiliza, por ejemplo, para la detección de colisiones entre diferentes modelos. El registro BIM representa el edificio construido final e incluye varios BIM de construcción. Al inicio, BIM es

una copia del Registro BIM, pero se actualiza constantemente para reflejar los cambios en el edificio. (Administración de Servicios Generales de los Estados Unidos, 2011)

Al principio, una opinión generalizada era que un modelo compartido debería usarse en un proyecto basado en BIM, que es posible lograr con un equipo dentro de una disciplina. Pero tan pronto como se involucran más compañías y disciplinas, se vuelve obvio que compartir un modelo es demasiado complejo. En su lugar, un enfoque común es compartir un modelo de referencia que contenga solo la información requerida para coordinar el trabajo de las disciplinas involucradas. Cada disciplina almacena sus propios detalles en su propio entorno, compartiendo solo la información necesaria para coordinar el trabajo. El modelo de cada disciplina puede actualizarse en ciertos hitos y coordinarse de acuerdo con los modelos de otras disciplinas. (Linhart y Steinmann, 2015)

Coordinar el trabajo entre diferentes disciplinas puede ser un proceso iterativo utilizando BIM. Se pueden necesitar varios intercambios de modelos entre diferentes disciplinas para tener modelos compatibles. Como ejemplo, un arquitecto puede enviar su modelo a un ingeniero estructural para usarlo como base para el modelo estructural. El modelo estructural se devuelve al arquitecto. Al encontrar los requisitos estructurales en este modelo, es posible que el arquitecto deba actualizar el modelo arquitectónico para que sea consistente con el modelo estructural. (Graphisoft, 2014)

### **2.2.3. BIM software**

El primer software BIM en una computadora personal fue ArchiCAD durante la década de 1980, pero no se usó en proyectos a gran escala hasta mucho más tarde (Bergin, 2011). Cuando se introdujo el software BIM Revit a principios de la década de 2000, fue un gran avance para BIM (Bergin, 2011). Volk et al. (2014) concluyen que los arquitectos, ingenieros y contratistas fueron los primeros adaptadores de BIM y aún dominan el desarrollo de las nuevas funcionalidades de BIM. El enfoque sigue siendo principalmente en edificios nuevos o recientemente terminados con un BIM disponible y no en edificios existentes sin un BIM (Volk et al., 2014).

BIM se utiliza en varias disciplinas diferentes, como arquitectura, estructura y MEP (mecánica, eléctrica y plomería), donde cada usuario y cada disciplina pueden usar cierto software compatible con BIM (Dhillon, Jethwa y Rai, 2014).

**Tabla 1***BIM software certificados por BuildingSMART*

<b>Vendor</b>	<b>Producto</b>	<b>Esquema</b>	<b>Requerimiento de intercambio</b>	<b>Importar / Exportar</b>	<b>Estado</b>	<b>Inicio</b>
GRAPHISOFT SE	ARCHICAD	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Importar	En progreso	21/06/2018
GRAPHISOFT SE	ARCHICAD	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Exportar	Terminado	21/06/2018
Autodesk	Autodesk Revit	IFC4	Intercambio de referencia estructural	Exportar	En progreso	29/08/2017
Sistema de diseño de datos AS	DDS-CAD	IFC4	Intercambio de referencia MEP	Importar	En progreso	20/02/2019
Sistema de diseño de datos AS	DDS-CAD	IFC4	Intercambio de referencia MEP	Exportar	En progreso	20/02/2019
ciencias de la computación cadwork	Lexocad	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Exportar	En progreso	22/03/2019
Autodesk	Autodesk Revit	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Importar	En progreso	29/08/2017
Bausoft Informatik AG	Bausoft Pet Technology y CAD	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Importar	En progreso	29/04/2019
DICAD Systems GmbH	STRAKON	IFC4	Intercambio de referencia estructural	Importar	En progreso	07/09/2018
DICAD Systems GmbH	STRAKON	IFC4	Intercambio de referencia estructural	Exportar	En progreso	07/09/2018
Trimble Solutions Corporation	Tekla Structures ; ImportSDK (import)	IFC4	Intercambio de referencia estructural	Importar	En progreso	02/10/2017
Trimble Solutions Corporation	Tekla Structures ; ImportSDK (import)	IFC4	Intercambio de referencia estructural	Exportar	En progreso	02/10/2017

Fuente: buildingsmart (2019)

**Tabla 1***BIM software certificados por BuildingSMART (continuación)*

<b>Vendor</b>	<b>Producto</b>	<b>Esquema</b>	<b>Requerimiento de intercambio</b>	<b>Importar / Exportar</b>	<b>Estado</b>	<b>Inicio</b>
Vectorworks Incorporated	Vectorworks	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Importar	En progreso	11/09/2017
Vectorworks Incorporated	Vectorworks	IFC4	Intercambio de referencia arquitectónica	Exportar	Terminado	11/09/2017
NEMETSCHE K Allplan GmbH	Allplan	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	27/04/2010
Solideo Systems	Servidor ArchiBIM	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	18/07/2013
GRAPHISOFT	ArchiCAD	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	17/08/2010
GRAPHISOFT	ArchiCAD	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	17/08/2010
CadLine Ltd	ARCHLine .XP	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	23/06/2015
CadLine Ltd	ARCHLine .XP	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	23/06/2015
Bentley Systems, Incorporated	Diseñador de edificios AECOsim	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	26/07/2013
NEMETSCHE K Allplan GmbH	Allplan	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	27/04/2010
Bentley Systems, Incorporated	Diseñador de edificios AECOsim	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	26/07/2013
Autodesk-A	Arquitectura de AutoCAD	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	08/04/2010
Autodesk-R	Arquitectura de Autodesk Revit	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	30/04/2010
Autodesk-R	Arquitectura de Autodesk Revit	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	30/04/2010

Fuente: buildingsmart (2019)

**Tabla 1***BIM software certificados por BuildingSMART (continuación)*

<b>Vendor</b>	<b>Producto</b>	<b>Esquema</b>	<b>Requerimiento de intercambio</b>	<b>Importar / Exportar</b>	<b>Estado</b>	<b>Inicio</b>
Autodesk-R	Autodesk Revit LT	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	17/07/2013
Autodesk-R	Autodesk Revit LT	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	17/07/2013
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP	IFC 2x3	CV2.0 MEP	Exportar	Terminado	06/05/2012
Autodesk-R	Autodesk Revit MEP	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	06/05/2012
Bentley Systems, Incorporated	Diseñador de edificios AECOsim	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	26/07/2013
Autodesk-R	Estructura de Autodesk Revit	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	09/05/2012
BEXEL Consulting d.o.o.	Bixel Manager	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	17/08/2017
Servicios Bricsys	BricsCAD	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Exportar	Terminado	24/02/2016
Servicios Bricsys	BricsCAD	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	24/02/2016
Servicios Bricsys	BricsCAD	IFC 2x3	CV 2.0	Importar	Terminado	24/02/2016
Kymdata Oy	CADS MEP	IFC 2x3	CV2.0 MEP	Exportar	Terminado	02/09/2013
Kymdata Oy	Planificador CADs estructural	IFC 2x3	CV2.0-Struct	Exportar		22/06/2015
cadwork	cadwork 3D	IFC 2x3	CV2.0-Struct	Exportar	Terminado	30/05/2018

Fuente: buildingsmart (2019)

Los diversos softwares presentados en la tabla anterior representan a una pequeña parte del total ya que se encuentran registrados en buildingsmart 85 items (<https://technical.buildingsmart.org/certification/certification-participants/>).

#### **2.2.4. Niveles de madurez del BIM**

En general, la definición de niveles de madurez consiste en un intento de eliminar ambigüedades en el uso de BIM entre los interesados de los diferentes equipos de proyectos (arquitectura / ingeniería, otros consultores y construcción) y entre estos equipos y quien lo

solicite (el cliente o el propietario). El objetivo es clasificar el trabajo de los usuarios de BIM en un nivel técnico y colaboración, proporcionando una descripción, comprensión clara y precisa de los procesos, herramientas y técnicas que se utilizarán. Básicamente, los niveles de madurez trabajan como guía de aprendizaje progresivo que ayuda a la implementación del BIM en la industria AEC.

La gama de niveles de madurez se estableció de 0 a 3, reconociendo con ello cuatro niveles diferentes. El nivel 0 se corresponde con el uso de CAD tradicional, y la evolución se hace hacia la consecución de nivel 3, que es equivalente a usar un BIM totalmente integrado.

- **Nivel 0:** Corresponde a la información sin controlar en CAD, presentado en formato electrónico o en papel, incluyendo planos en 2D. Los intercambios de información se producen, pero no se establecen metodologías o procedimientos.
- **Nivel 1:** La información CAD está controlada, se presenta en 2D o 3D, incluyendo visualizaciones o modelos de desarrollo conceptual. El uso principal de este nivel se encuentra en las vistas 3D, para comunicar, documentar y reducir los errores de diseño. En este nivel ya se abordan los conceptos relacionados con la coordinación espacial y con el establecimiento de un formato y estructura de normas para el uso de datos. Se reproduce un entorno de datos común que anuncia un proceso de colaboración, sin embargo, el modelo no se comparte entre los miembros del equipo del proyecto.

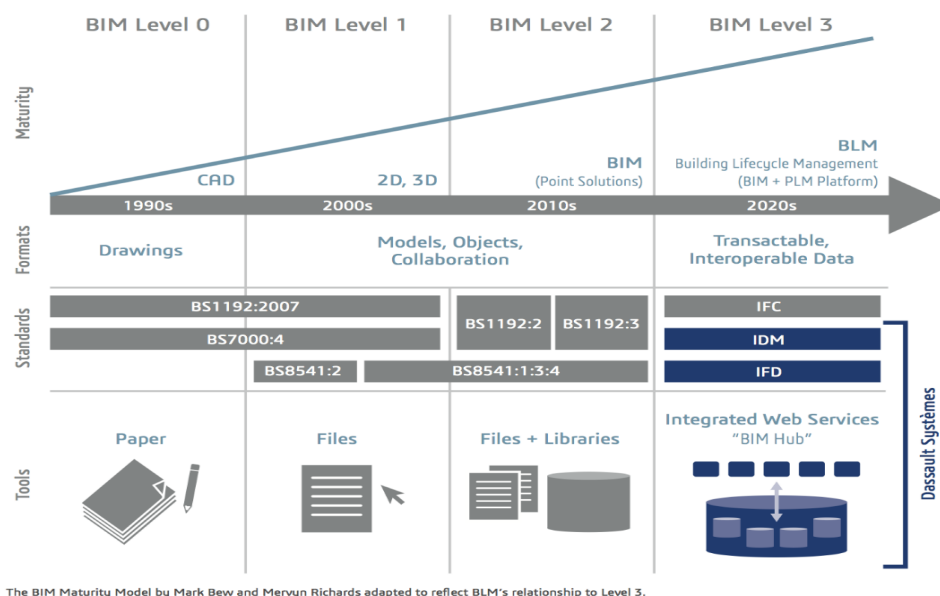


Figura 2. Esquema simplificado que representa los niveles de madurez del BIM.

Fuente: Akio (2017)

- **Nivel 2:** Es el entorno 3D con datos adjuntos al modelo, pero creado en diferentes modelos, cada uno para una disciplina diferente (la arquitectura y la construcción, por ejemplo). Los diferentes modelos se "montan" para generar un modelo federado, sin perder su integridad y la identidad original. Este nivel coincide con un uso propio del BIM, a menudo referido como "pBIM" (Proprietary BIM).
- **Nivel 3:** A este nivel se considera un proceso totalmente abierto y transparente de colaboración y diseño integrado, basado en un modelo único que está disponible en línea y se utiliza por todos los interesados. Los equipos de diseño (arquitectura y especialidades) y contratista / subcontratista usan y contribuyen a la construcción del modelo. Cada interesado añade progresivamente la información específica de su área objetivo y puede realizar un seguimiento de todos los cambios realizados por otros usuarios del modelo. Los datos se integran con el uso de servicios web que están gestionados por un modelo de servidor único y colaborativo.

#### **2.2.5. Del nivel 2 al nivel 3**

La industria AEC ha tratado de desarrollar procesos de gestión para todo el ciclo de vida de un edificio y combinarlos con los avances tecnológicos para optimizar el flujo de datos en todo el proceso de construcción, reduciendo así los costes y aumentando la sostenibilidad de la industria. El uso de BIM aspira a tener una alta contribución en este sentido, pero para que esto suceda es necesario que el uso de BIM en la construcción progrese gradualmente y favorablemente a través de sus niveles de madurez, para alcanzar niveles de madurez BIM superiores, como el nivel 3.

El Nivel 2 de BIM permitirá simular actuaciones asociadas con diferentes soluciones y comparar diferentes escenarios en términos de coste, eficiencia energética, planificación de la construcción, etc., todavía en la fase de diseño. En este nivel de madurez se mejorará la movilidad de la información, así como su nivel de detalle en la construcción (construir el modelo "as-built" como en la realidad), llegando a más interesados y optimizando sus tareas.

La transferencia de datos (importación y exportación de información y archivos) entre sistemas "desconectados" se encuentra en el nivel 2, y puede significar dificultades de compatibilidad entre versiones, una necesidad de rehacer trabajo, aparición de errores, etc.

Por ejemplo, la transferencia de información del equipo de arquitectura para el equipo de construcción no siempre tiene éxito, a menudo debido a que las intenciones del diseño no son explícitas y es necesario entrar en un proceso de RFI (Request For Information). Este proceso no sólo retrasa la planificación física, temporal y presupuestaria de la construcción,



ya que debilita el valor del equipo de arquitectura que pierde de alguna manera el control de lo proyectado. Sin un sistema integrado para aprovechar los datos del BIM, los constructores y proveedores no tienen una colaboración activa en el modelo y son responsables de los costes asociados a la necesidad de rehacer el trabajo.

El objetivo final del nivel 2 será reducir la ambigüedad de la información, con un impacto directo en la solución de problemas de coordinación en la fase de diseño. Tomando como referencia el modelo de diseño y superponiéndolo con un modelo analítico / estructural / constructivo, antes de la ejecución de la construcción, reducirá los errores y aumentará el rendimiento del edificio. Por esta razón, el nivel 2 representa esencialmente una evolución considerable y una ventaja para el equipo de arquitectura (y todos los interesados que contribuyen en la fase de definición del proyecto), no teniendo un impacto tan significativo en el proceso de construcción. La evolución del nivel 2 al nivel 3 ofrece una nueva perspectiva sobre la colaboración y representa la transición de un “property BIM” y federado a un modelo BIM único e integrado.

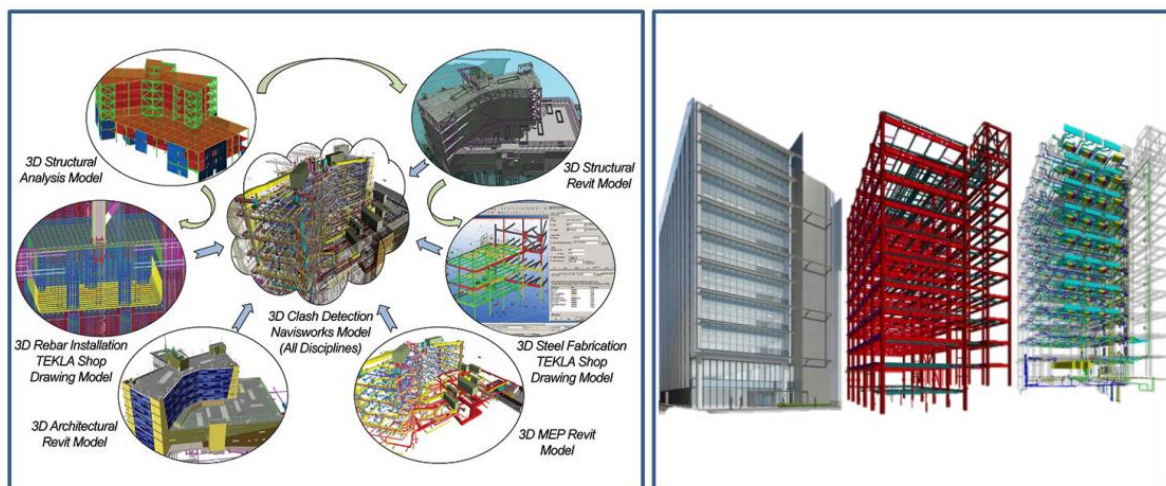


Figura 3. Modelo BIM Federado (Izquierda) a diferencia de un modelo BIM Único (Derecha).

Fuente: Structurmag y aecmag (s.f.)

El Nivel 3 de BIM es el único enfoque que permite conectarte e introducir datos encadenados desde el principio hasta el final del proyecto. Los datos BIM están en una única fuente de información, almacenada en una base de datos en la nube y accesible por cualquier interviniente través de servicios web. Con este nivel de madurez, la circulación de la información con fines constructivos, para la fabricación de componentes o para la gestión de las instalaciones, está muy optimizada. Esto elimina la necesidad de convertir a otros formatos o enviar el modelo a otros usuarios en varias partes (información desglosada en archivos más pequeños).

Además de las funciones de visualización y simulación del modelo, el Nivel 3 incorpora la capacidad de "reacción" por ayudar a la toma de decisiones en curso, ayudando a mejorar la gestión y el desempeño del edificio a lo largo de su ciclo de vida, sobre todo si el control se asocia con sensores que registran la información en tiempo real.

El nivel 3 de madurez es el que tiene el mayor potencial para hacer de la industria AEC más competitiva y sostenible, ayudando a generar menos desechos y residuos, reduciendo el tiempo en la ejecución del edificio y aumentando la rentabilidad económica.

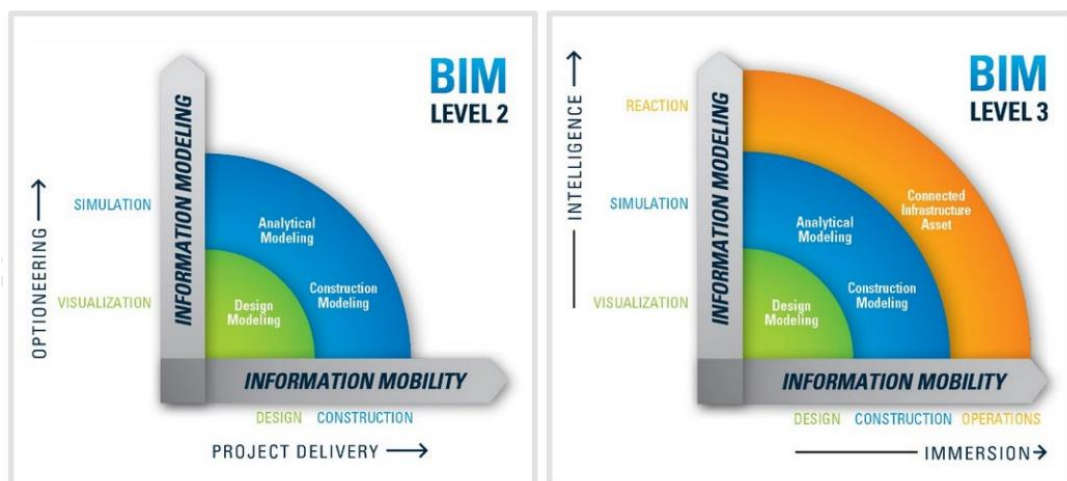


Figura 4. Principales diferencias entre el Nivel 2 de BIM y el Nivel 3 de BIM.

Fuente: Infrastructure (s.f.)

Se espera que todas las partes interesadas de la industria AEC inviertan progresivamente en BIM y en todos los procedimientos necesarios para aplicarse con éxito, al igual que la capacitación del personal, la inversión en software compatible y evolucionando en los niveles de madurez.

Sin embargo, será necesario mucho tiempo y esfuerzo para que el BIM se utilice en todas sus capacidades de diseño integrado, colaborativo y virtual. Existen y continuarán verificándose durante un período considerable la globalización de BIM, los diferentes niveles de formación entre los profesionales de la industria AEC, que exigirán el desarrollo de diferentes metodologías y estrategias para cada caso específico.

Internamente, varios países han definido leyes obligatorias y de progresión de la implementación BIM. El Reino Unido, por ejemplo, decidió que todos los proyectos públicos de construcción utilicen el BIM en el nivel 2 de madurez, totalmente colaborativo y asociado a una Gestión de Bibliotecas para el año 2016. Para elevar la competitividad a nivel mundial,

las empresas más grandes de construcción en Japón han tratado de seguir la evolución del Reino Unido, definiendo planes para usar sus propias normas BIM.

#### 2.2.6. El modelo federado contra el modelo único

Un modelo único es uno creado a partir de una única plataforma utilizada por todos los interesados en todo el proceso de construcción. La primera versión del modelo, probablemente producido por el equipo de arquitectura, sería utilizada en cada fase del proyecto, por un interesado individual.

Básicamente, el mismo modelo pasaría de intervención en intervención, cada uno utilizando como base el modelo existente y añadiendo nueva información, relacionada con su área de interés en el proyecto.

Este proceso de agregar y combinar información en un solo modelo reduciría los procesos de duplicación, reinserción o recreación de la información. Aunque este es probablemente el método con más potencial para tomar las ventajas de metodologías de BIM y aplicaciones de software, su uso es aún muy limitado en la industria AEC.

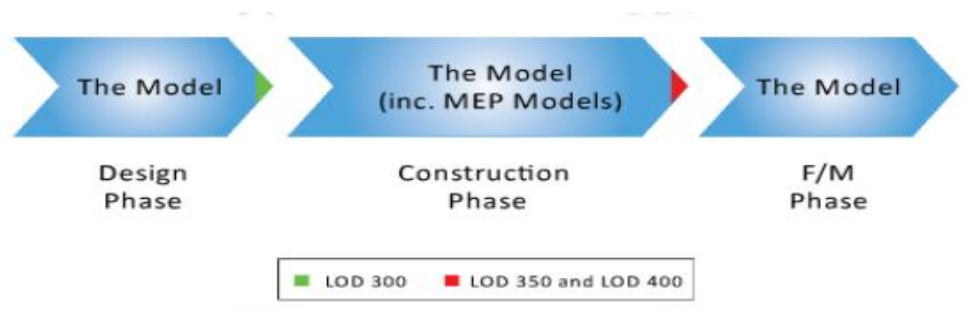


Figura 5. Esquema de Modelo Integrado.

Fuente: Quigley (2013)

Un modelo federado corresponde a una intersección de varios modelos, creados individualmente por las diferentes partes interesadas con el fin de trabajar en el proyecto desde el punto de vista de su área experta específica. Los distintos modelos pueden pertenecer al arquitecto, cliente, ingeniero estructural, contratista, proveedores, etc.

De acuerdo con el protocolo BIM de "AGC ConsensusDocs" "301-BIM Addendum": un modelo federado "se compone de distintos modelos de componentes, pero ligados, planos derivados de los modelos, textos y otras fuentes de datos que no pierden su identidad o integridad por estar vinculado, de modo que el cambio en un modelo de componente en un modelo federado no crea un cambio en otro modelo de componente en ese modelo federado".

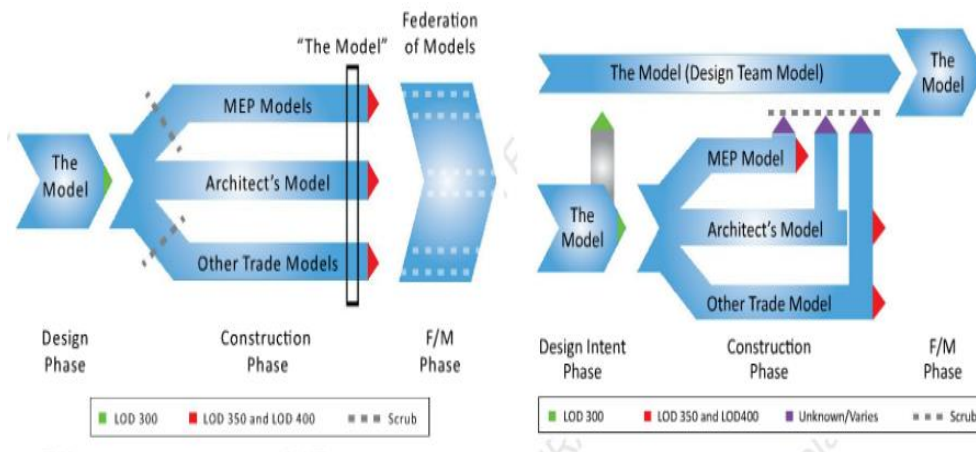


Figura 6. Esquema de Modelo Federado.

Fuente: Quigley (2013)

En un nivel de madurez 2 de BIM, los datos se producen "por separado", pero vinculado a un modelo 3D en entorno administrado, útil para la coordinación y el desarrollo del diseño, la detección de conflictos, etc. Cada interesado estaría en condiciones de trabajar en el proyecto desde diferentes aplicaciones de software. A pesar de producir nuevos datos desde los programas específicos, también se pueden utilizar como referencia los modelos previamente creados por otros intervinientes en el proyecto.

Los modelos individuales no interactúan entre sí ni tampoco con la autoría o con la responsabilidad, ya que la información sigue siendo clara e intocable. Normalmente, en la etapa de formulación del contrato, se establece que la información sobre los distintos modelos producidos por diferentes autores se pueda integrar en un modelo federado para un propósito específico y válido.

### 2.2.7. BEP o Plan de Ejecución BIM

BEP son las siglas de BIM Execution Plan que en español se puede traducir como PEB (Plan de Ejecución BIM), este es un documento esencial para el desarrollo exitoso de un proyecto BIM. En el BEP se define y asegura los actores que intervendrán en un proyecto en todas sus etapas a lo largo de su ciclo de vida (Dobim, 2018). Otra definición más detallada es que BEP es un documento en que se plasma las metodologías, herramientas, procesos y formatos para dar solución a los requerimientos de un proyecto BIM, también se monitorizan y ejecutan los trabajos BIM (Rodríguez, 2019). Por lo tanto, las ventajas que puede generar el BEP son, una comunicación ágil, una mayor coordinación y el cumplimiento de plazos y presupuestos.

### **2.2.8. Nuevos perfiles profesionales**

Con la llegada de BIM, se produjo una revolución en el mundo de la construcción ya que el flujo de trabajo que se lleva a cabo es a través de la cooperación, coordinación y colaboración entre agentes o equipos de agentes que intervienen en un proyecto, por lo que se han ido desarrollando nuevos perfiles profesionales, que tienen funciones más relacionadas o direccionadas al desarrollo y buen funcionamiento de la metodología BIM en un proyecto, y aunque las tareas o responsabilidades que estos tengan siempre estarán presente en un proyecto BIM, no necesariamente se tiene que contar con cada uno de estos nuevos perfiles, así como no necesariamente son los únicos perfiles nuevos que existen, ya que todo esto dependerá de la envergadura del proyecto, pero dentro de estás se puede destacar 3 de ellos BIM Modeller, BIM Coordinator y BIM Manager. Cabe resaltar que más allá de las denominaciones, la asignación de funciones y responsabilidad se debe definir claramente en el BEP (Plan de Ejecución BIM).

Editeca (2017) y Zamorano (2019) definen los siguientes perfiles profesionales:

#### **2.2.8.1. *BIM Modeller o Modelador BIM***

El Modelador BIM tiene la función de producción de planos modelados en BIM, se podría equiparar al rol que tradicionalmente tenía el Cadista, pero sumándole el gran contenido de carga técnica, ya que en la metodología BIM no solo se dibuja, sino que se modela toda la información del proyecto, por lo tanto, se tiene que tener conocimientos de arquitectura, estructuras e instalaciones.

#### **2.2.8.2. *BIM Coodinator o Coordinador BIM***

El Coordinador BIM tiene funciones tanto de Modelador BIM y de BIM Manager, por lo que se puede considerar un puesto intermedio, este es el encargado de llevar o guiar al equipo de modeladores con la supervisión del BIM Manager, tiene que estar preparado para asumir la modelación de los aspectos más complicados y/o singularidades del proyecto, también coordina y audita el modelo y ayuda al BIM Manager en la formación, creación y seguimiento del Plan de Ejecución BIM.

#### **2.2.8.3. *BIM Manager o Gerente BIM***

Se puede traducir BIM Manager como Gerente o Gestor BIM, pero generalmente y aunque se trabaje en lugares donde el idioma es el español, se utiliza el término BIM Manager. El BIM Manager tiene la función de la implementación BIM, creación de estándares, procesos y flujos de trabajo, fijar criterios de modelado, gestionar la información, coordinar satisfactoriamente

los equipos, controlar los cambios y actualizaciones y verificar el fin del modelado y la entrega correcta de toda la información BIM

### **2.2.9. Beneficios**

Al aplicar la metodología BIM correctamente se puede percibir o gozar los beneficios que ofrece, pero hay que tener en cuenta que no se obtendrá todos los beneficios del BIM si no se tiene una maduración completa en la aplicación de la metodología BIM, aunque esto no significa que no se gozará de varios de ellos. Los beneficios que se puede lograr obtener según Plan BIM (s.f.) son los siguientes:

- Mejorar la administración de datos e información compleja de proyectos.
- Los modelos 3D facilitan la comprensión de un proyecto y un mejor manejo de las expectativas de los clientes.
- Facilita la comunicación, trazabilidad y transparencia de la información, optimizando los flujos de trabajo.
- Facilita la integración, actualización y coordinación de toda la información generada por los diferentes actores en un proyecto, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario.
- Permite prever y solucionar los problemas de manera anticipada, lo que disminuye los inconvenientes durante la construcción y duplicidad del trabajo.
- Optimiza la planificación de costos y plazos, lo que conlleva hacer más con menos.
- Permite simular el comportamiento de un proyecto, posibilitando la optimización del diseño, uso, eficiencia energética, mejorando así su sustentabilidad en el tiempo.
- Permite simular y planificar medidas de seguridad y prevención de riesgos.
- Facilita el uso de componentes constructivos prefabricados, haciendo más eficiente la construcción.
- Permite mejorar la calidad de los proyectos.
- Permite reducir la generación de residuos.
- Permite reducir los plazos de entrega y costos de los proyectos.

### **2.2.10. BIM en el Perú**

Los primeros inicios de la metodología BIM en el Perú se dio por la inclusión de esta metodología por partes de las grandes constructoras desde el 2005 y al percibirse el éxito de la metodología no solo por parte de estas empresas, si no que en el mundo se estaba implementando en varios Países revolucionando el campo de la construcción, en el Perú se creó en 2012 el Comité BIM el cual pertenece a la Cámara Peruana de Construcción

(CAPECO) (Almeida, 2019). Este comité enfocaría sus esfuerzos en compartir y difundir las experiencias resultado de un trabajo conjunto con clientes, proyectistas y constructores con experiencias directas en la aplicación BIM.

Sería hasta el año 2018 que el estado peruano mediante Decreto Legislativo N°284 (2018) que menciona las funciones de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas siendo una de ellas el emitir metodologías colaborativas de modelamiento digital de la información, para mejorar la transparencia, calidad y eficiencia de las inversiones (Revista Perú Construye, s.f.).

Actualmente ya se cuenta con el punto de partida de la implementación del BIM en el Perú, dado por el Plan Nacional de Competitividad y Productividad que indica la que el Plan de Implementación BIM estará listo para marzo del 2020 y que para el 2030 el uso de BIM será obligatorio (Decreto Supremo N°237, 2019)

### **2.3. OpenBIM**

Un aspecto muy importante para que la metodología BIM se lleve a cabo, es el trabajo colaborativo, lo que permite la interoperabilidad, es decir el intercambio de información entre las diferentes especialidades que están involucradas en un proyecto, pero la interoperabilidad se torna dificultosa ya que no todos los softwares permiten trabajar bajo este entorno, por lo que esto conlleva a una limitada accesibilidad para quienes no cuentan o no dominan con los softwares que si permiten la interoperabilidad. En solución a este problema, se dio comienzo a la iniciativa openBIM.

#### **2.3.1. Definición**

OpenBIM fue desarrollado e impulsado por BuildingSMART International (s.f.a) y define openBIM como una forma de tener una visión universal y colaborativa para el diseño, ejecución y operación de proyectos de construcción, basado en estándares y procesos de uso libre. Entonces openBIM se refiere a un enfoque abierto y de colaboración en los flujos de trabajo, ya que este entorno abierto es la propiedad fundamental para un ambiente de información compartida para todos los que intervengan en un proyecto, independientemente de la especialidad e independientemente del software que utilice.

Para que la misión openBIM se lleve a cabo, los softwares son una de las partes más importantes a considerar, por lo que muchos desarrolladores de software de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) se unieron a la comunidad de openBIM, de esta

forma se desarrolló el estándar IFC el cual hace posible la comunicación de información o interoperabilidad entre diferente software.

Por lo tanto, openBIM busca deshacerse de las limitaciones para el ingreso de quienes no cuentan con la instrucción o preparación necesaria, pero que están dispuestos e interesados a incorporarse en el mundo del BIM, esto incluye además a los desarrolladores de software, ya que al eliminar la limitante de los lenguajes individuales y los sistemas cerrados con los que se desarrollan significaría el ingreso a campo abierto en el mercado generando la atracción de nuevos usuarios.

### **2.3.2. Ventajas**

Esarte (2019), Montilla (2018) y Zigurat (2019) explican los beneficios que significaría la aplicación del openBIM los cuales se pueden resumir de la siguiente forma:

Transparencia: El flujo de trabajo de openBIM es abierto, por lo tanto, transparente que permite la participación de todos los miembros del proyecto con independencia del software que utilicen.

Información útil y duradera: La información debe ser tal que sea útil durante todo el ciclo de vida del proyecto y que no interrumpa o distraiga el trabajo u objetivo.

Oportunidad de competición de software: Tanto los desarrolladores grandes y pequeños de software pueden tener la oportunidad de competir para buscar mejores soluciones.

## **2.4. IFC (Industry Foundation Classes)**

BuildingSMART busca mejorar el intercambio de información de una construcción a lo largo del ciclo de vida del proyecto y dentro de una construcción existen grandes cantidades de información que para que se pueda colaborar y cooperar independientemente del software que se utilice, toda esta información tiene que desglosarse hasta que pueda ser de fácil interpretación. Por esto es que se desarrolló el formato abierto IFC.

### **2.4.1. Definición**

IFC significa Industry Foundation Classes, esta no tiene una traducción fija, pero pondría traducirse como Categorías o Clases de la Fundación de la Industria, esta traducción a primera vista posiblemente no parezca tener un significado preciso, pero cada palabra conduce a la definición. IFC trabaja jerárquicamente y categóricamente, de esta forma se clasifica la información y se facilite su lectura (Categorías o Clases), IFC permite tomar la información de una construcción y recrearla en otro software diferente (Fundación) y por



último IFC transforma toda la información visual 3D o 2D en solo línea de códigos y que al llevarlos a otro software los reconoce y devuelve la visualización 3D o 2D (Industria).

IFC tiene mucho que ver con el enfoque OpenBIM, ya este busca una visión universal y colaborativa de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida, y para lograr ese objetivo es que BuildingSMART lo desarrolla. Y como desarrollador y responsable de su mantenimiento BuildingSMART (s.f.) define al IFC como “un estándar internacional abierto, destinado a ser neutral para el vendedor, independiente y utilizable en una amplia gama de dispositivos hardware, plataformas de software e interfaces para muchos casos de uso diferente”.

Entonces, IFC es un lenguaje de comunicación interdisciplinar lo que hace posible un trabajo colaborativo, esto se puede ver en la Figura 7, que diferentes softwares, para diferentes especialidades, pasan por IFC y este puede llevarlos a su destino y viceversa.



Figura 7. Funcionamiento del IFC.

Fuente: LlanoCursos (2018).

#### 2.4.2. Estructura

Un modelo cualquiera de cualquier software, contiene en general 2 tipos de información geométricos y no geométricos, los geométricos son los que podemos visualizar y como su nombre lo dice es la geometría de los objetos; y los no geométricos son las propiedades que tiene definido el objeto. Por ejemplo, una columna que al dibujarla se puede ver en el área de trabajo su altura, su forma, sus dimensiones, etc., y si la seleccionamos en la barra de propiedades se puede ver sus características internas, el nombre que se le asigne, su resistencia a la compresión, etc. Para poder aprovechar de mejor manera el IFC, a los 2 tipos de información hay que estructurarlos, esto se define en el BEP (Plan de Ejecución BIM), y al final todo en conjunto se verá en el IFC, es decir, toda la información será organizada segundo el esquema del IFC.

BuildingSMART (s.f.b) define el esquema del IFC como:

“Un modelo de datos estandarizado que codifica de manera lógica: la identidad y la semántica (nombre, identificador único legible por máquina, tipo de objeto o función), las características o atributos (como material, color y propiedades térmicas) y relaciones (incluidas ubicaciones, conexiones y propiedad) de objetos (como columnas o losas), conceptos abstractos (rendimiento, costeo), procesos (instalación, operaciones) y personas (propietarios, diseñadores, contratistas, proveedores, etc.).”

Entonces el esquema del IFC es una estructura predefinida que genera el modelo de manera lógica, y cuando se guarda o se exporta la información a un archivo IFC, el archivo IFC ordena la información de manera jerárquica en función de su tipo, como se muestra en la siguiente figura.

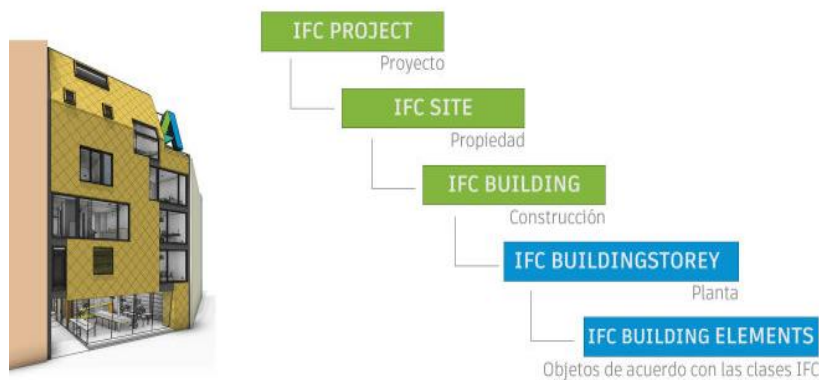


Figura 8. Estructura del IFC.

Fuente: Autodesk Inc. (2018)

Como la información que llega del modelo al IFC está dividido en 2 partes, el esquema del archivo IFC también se divide en 2 partes generales, un que contiene información general del modelo y otra que contiene información geométrica y los atributos del objeto. Por ejemplo, en la Figura 9 se muestra el contenido de un archivo IFC.

```

#35= IFCPERSON($,'','rony.salluca',$,$,$,$,$);
#37= IFCORGANIZATION($,'','',$,$);
#38= IFCPERSONANDORGANIZATION(#35,#37,$);
#41= IFCOWNERHISTORY(#38,#5,$,.NOCHANGE.$,$,$,1567474762);
#42= IFCSIUNIT(*,.LENGTHUNIT.,.MILLI.,.METRE.);
#43= IFCSIUNIT(*,.LENGTHUNIT.,$.METRE.);
#44= IFCSIUNIT(*,.AREAUNIT.,$.SQUARE_METRE.);
#45= IFCSIUNIT(*,.VOLUMEUNIT.,$.CUBIC_METRE.);
#46= IFCSIUNIT(*,.PLANEANGLEUNIT.,$.RADIAN.);
#47= IFCDIMENSIONALEXPONENTS(0,0,0,0,0,0,0);
#48= IFCMEASUREWITHUNIT(IFCRATIOMEASURE(0.0174532925199433),#46);
#49= IFCONVERSIONBASEDUNIT(#47,.PLANEANGLEUNIT.,'DEGREE',#48);
#50= IFCSIUNIT(*,.MASSUNIT.,.KILO.,.GRAM.);
  
```

Figura 9. Contenido de un archivo IFC.

Ya que es una gran cantidad de información la que se transmite de un modelo a IFC, el contenido de este, es extenso, pero dentro de todas las líneas de códigos, existen algunos que son más relevantes y Pedraza (2017) define estos elementos, los cuales se resumen en los siguientes párrafos:

IFCElement representa en general todos los componentes y productos AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). Se refiere a los elementos que se modelan en un proyecto, los cuales se listan en la siguiente tabla:

**Tabla 2**  
*Elementos contenidos en IFCElement*

<b>Formato oficial</b>	<b>Resumen</b>
IFCBeam	Vigas o soportes horizontales
IFCColum	Columnas o soportes verticales
IFCCovering	Techo o cubiertas
IFCDoor	Puertas
IFCFireSuppressionTerminal	Elementos anti incendios
IFCFurniture	Mobiliario
IFCLightFixture	Lámpara
IFCMember	Estructura de soporte genérico
IFCRailing	Barandilla
IFCRamp	Rampa
IFCRampFlight	Tramo de rampa
IFCRoof	Tejado
IFCSlab	Suelo, losa o pavimento
IFCStair	Escalera
IFCStairFlight	Tramo de escalera
IFCSystemFurnitureElement	Componentes del mobiliario
IFCWall	Muro
IFCWallStandardCase	Muro estándar
IFCWindow	Ventana

**Nota:** Fuente: Pedraza (2017)

IFCSpatialStructureElement representa a todos los elementos que pueden utilizarse para definir una estructura espacial, los cuales se listan en la siguiente tabla:

**Tabla 3**  
*Elementos contenidos en IFCSpatialStructureElement*

<b>Formato oficial</b>	<b>Resumen</b>
IFCSite	Techo o parcela
IFCBuilding	Edificio
IFCBuildingStorey	Planta de un edificio
IFCSpace	Habitación

**Nota:** Fuente: Pedraza (2017)

- IFCRelContainedInSpatialStructure representa en qué espacio estructural se encuentra ubicado cada uno de los elementos del modelo.
- IFCRelAggregates representa las relaciones de enlace entre elementos del modelo, es decir si un elemento está contenido en otro, por ejemplo, los pasamanos o descansos que forman una escalera.
- IFCActor representa a los actores que forman parte del proyecto.

### 2.4.3. Ventajas

Costa, Jardí y Valderrama (2015) mencionan que el formato IFC presenta ventajas en relación a que preserva la información de relacionada con la propiedad intelectual del modelo nativo, y que para el constructor se supone una mayor facilidad para integrar y combinar el modelo devuelto con otros modelos, independientemente del programa.

Un mismo idioma, una buena comunicación es fundamental para poder llevar a cabo una colaboración eficaz tanto a nivel interpersonal e interdisciplinar, pero la forma en cómo se comunica o transmite la información es a través de software y ahí es donde IFC interviene siendo ese agente intérprete que logra tomar la información entrante y hacer que sea entendible para el receptor.

Diferentes perspectivas y necesidades, en un proyecto intervienen distintos profesionales y de diferentes especialidades, cada uno con su perspectiva y necesidad propia, por ejemplo, en una columna a un arquitecto le preocupa de la estética y modelará el acabado, el color, etc., mientras que a un estructurista le preocupa la estructuración, determinar las fuerzas actuantes, la resistencia del material, etc., y por lo tanto modelará la distribución de aceros, determinará la resistencia del elemento. Para IFC no presenta ningún problema, ya en que la información que se generará por las diferentes necesidades y perspectivas, no se presentarán conflictos, ya que a través de IFC se pueden verificar si hubiese colisiones.

Organización y responsabilidad, para que se puedan cumplir eficazmente los anteriores párrafos se necesita organización y responsabilidades, es decir, se debe definir un flujo de trabajo de trabajo que sea ordenado y coherente, y para esto debe designarse responsabilidades o límites, cada profesional que interviene en el proyecto debe tener en claro que datos o que campos tienen permitido el acceso y pueda realizar cambios. Esta organización y asignación de responsabilidades permiten un mejor control y consecuentemente detección de problemas si es que lo hubiese.

#### 2.4.4. Formatos de archivo IFC

IFC puede ser codificado en varios formatos, cada uno con sus ventajas y desventajas de soporte de software, escalabilidad y facilidad de lectura. Los datos o información que se obtiene de una construcción o proyecto, pueden ser bastante grandes, pero en la actualidad los discos duros de almacenamiento tienen capacidad para albergar grandes cantidades de información, aun así, esta característica puede ser considerable para la elección del formato, los cuales se mencionan en la siguiente tabla:

**Tabla 4**  
*Formatos de archivo IFC*

Formato oficial	Extensión	Resumen
PASO archivo físico (SPF)	.ifc	Es el formato más utilizado para el IFC en la práctica, ya que es el más compacto de los formatos que pueden ser leídos como texto.
Extensible Markup Language (XML)	.ifcXML	Ofrece una mayor facilidad de lectura y se beneficia de una amplia gama de herramientas de software.
Cremallera	.ifcZIP	Los datos del IFC pueden ser incrustados dentro de un archivo ZIP. Los datos incrustados pueden ser codificados como sea SPF o XML, donde el tamaño resultante es típicamente comparable.

**Nota:** Fuente: BuildingSMART (s.f.)

#### 2.4.5. Definición de vista de modelo (MVD)

Un subconjunto de la especificación completa del modelo IFC se denomina definición de vista de modelo (MVD) y es útil cuando se implementa el software IFC, donde se pueden implementar uno o varios MVD en una aplicación (Laakso y Kiviniemi, 2012). El propósito de un MVD es soportar ciertos flujos de trabajo en los sectores de la industria de la construcción de edificios y la gestión de instalaciones, identificando los requisitos de intercambio de datos

entre diferentes aplicaciones de software (ISO.org, 2013). Por lo tanto, una aplicación de software que sea compatible con IFC debe identificar qué MVD debe usar (ISO.org, 2013).

Existen varios MVD, algunos desarrollados por buildingSMART y otros por otras organizaciones (buildingSMART International, s.f.). El MVD más implementado es la vista de coordinación IFC2x3 versión 2.0, cuyo objetivo principal es ayudar a la coordinación de las tareas de ingeniería de arquitectura, ingeniería estructural y servicios de construcción (MEP) en la fase de diseño de un edificio. IFC2x3 CV V2.0 solo admite escenarios de intercambio de datos entre dos aplicaciones diferentes, no un viaje de ida y vuelta que implique una tercera aplicación. Existen dos sucesores MVD de IFC2x3 CV V2.0 para IFC4 y se denominan Vista de referencia IFC4 y Vista de transferencia de diseño IFC4 (buildingSMART International, s.f.).

## 2.4.6. Versiones

### 2.4.6.1. Evolución del IFC

IFC se vino desarrollando y evolucionando desde 1995 y se sigue trabajando en su mejora, Guerra (2019) explica esta evolución a través del tiempo hasta la actualidad el cual se muestra resumido en la siguiente tabla:

**Tabla 5**  
*Evolución del IFC*

Año	Acontecimiento
1995	Autodesk reúne a 12 empresas del sector AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) y desarrolladores para promover los beneficios de la interoperabilidad entre softwares. Crean una alianza privada.
1996	La alianza se abre a cualquiera que desee participar. International Alliance for Interoperability. Se publica el ifc 1.0.
1999	Aparece el IFC 2.
2005	Primera norma ISO sobre IFC.
2006	Aparece el IFC 2x3, actualmente el más extendido.
2008	La alianza cambia de nombre a Building Smart.
2013	Aparece IFC 4 y actualización de la ISO. IFC 3 nunca existió.
2017	Sale IFC 4.0.2.1. Norma ISO 16739-1:2018
2018	Se empieza a trabajar en el IFC 4.1, que incluirá todo el tema de alineaciones para BIM civil.

**Nota:** Fuente: Guerra (2019)

#### **2.4.6.2. Versiones de IFC**

Existen varias versiones de IFC que se han desarrollado para satisfacer diferentes necesidades y sobre todo en el afán de mejorarlos, los cuales Autodesk Inc. (2018) define claramente y se detallan en los siguientes párrafos:

IFC2x2 Coordination View, Esta vista se utiliza en casos puntuales como, por ejemplo, al exportar las MVD para programas que no admiten el formato IFC2x3. Como es natural, todas estas definiciones de vistas de modelos, o MVD, pueden adaptarse a las necesidades de los flujos de trabajo.

IFC2x3 COBie 2.4 Design Deliverable, Formato IFC equivalente al estándar COBie (Construction Operations Building Information Exchange) exigido por el Gobierno de Reino Unido conforme al mandato BIM 2016 Level 2 para la colaboración en proyectos del sector público.

IFC2x3 Coordination View versión 2.0, Se trata de una vista optimizada para el intercambio coordinado de modelos BIM entre las principales disciplinas del sector de la construcción. La vista Coordination View 2.0, también conocida como CV 2.0, es la MVD más utilizada en la actualidad. La CV 2.0 admite la derivación paramétrica rudimentaria de componentes de construcción al importar a herramientas de planificación. Esta MVD se utiliza principalmente para intercambiar modelos de arquitectura, tecnología de construcción e ingeniería de construcción.

IFC4: Design Transfer View (beta), Esta vista, que se introdujo por primera vez con IFC4, se utiliza para transferir modelos IFC con el fin de importarlos y editarlos en un programa habilitado para BIM. La posibilidad de transferir diseños paramétricos y contextos complejos está limitada en el formato IFC. Por esta razón, es necesario hacer algunos ajustes manuales a la hora de abordar las diferencias entre programas de software, y los datos siempre deberían verificarse manualmente.

IFC4: Model Reference View, Esta vista se diseñó para ofrecer de manera estándar un modelo de referencia en IFC4 para planificadores especializados. En primer lugar, proporciona un modelo IFC con fines de coordinación y determinación de las mediciones basadas en modelos, tal y como se contempla en el software de modelado. Un modelo exportado como Model Reference View no es adecuado para importar datos con la finalidad de seguir trabajando en la geometría, dado que tan solo contiene las definiciones geométricas más básicas. En términos gráficos, el modelo no está necesariamente muy simplificado,

únicamente sirve como una referencia que puede ofrecer un gran nivel de detalle, pero no se puede editar.

#### **2.4.7. BIM e IFC**

Como uno de los aspectos más importantes de BIM es la colaboración entre diferentes actores durante un proceso de construcción, la información debe intercambiarse entre los actores. Un problema es que los actores pueden usar un software diferente desarrollado por varios productores, cada uno con su propio formato de archivo nativo (Jensen y Jóhannesson, 2013). Para poder intercambiar información, el software diferente debe agregar compatibilidad entre cada formato de archivo nativo, o debe confiar en un formato de archivo interoperable común (Laakso y Kiviniemi, 2012). IFC es un estándar abierto para intercambiar información y es el formato de archivo interoperable más común y usado en el software BIM (Laakso & Kiviniemi, 2012).

Sin embargo, algunos dicen que el enfoque en IFC para el intercambio de datos paraliza BIM y sería mejor trabajar inicialmente en la compatibilidad para poder leer archivos de la misma familia de diferentes editores (Bouygues Construction, 2014). No es necesario que todos los programas se comuniquen entre sí directamente; algunos actores grandes generalmente asumen un papel central en la retención de los datos (Laakso y Kiviniemi, 2012). Los usuarios pueden adoptar una combinación específica de software para que funcionen de manera adecuada y los actores fuertes desarrollan sus propias soluciones para ser competitivos e incluso desarrollan soluciones comunes con empresas asociadas (Miettinen y Paavola, 2014).

Sacando conclusiones del software CAD, Laakso y Kiviniemi (2012) señalan que tener un estándar en su lugar cuando las demandas del mercado aún están en evolución puede tener sus inconvenientes. Tener una estandarización demasiado estricta limitará las innovaciones, pero, por otra parte, tendrá demasiada variación dividirá la tecnología BIM (Miettinen y Paavola, 2014). En los últimos años, ha habido iniciativas del sector público y del gobierno en algunos países con respecto a BIM, con demandas de mantener la información en IFC como un formato abierto y no propietario (Laakso & Kiviniemi, 2012). Las contribuciones del sector público y de las organizaciones gubernamentales con financiamiento de proyectos, desarrollo técnico y comentarios de los usuarios finales junto con proyectos nacionales de investigación y desarrollo ayudaron a la norma IFC a avanzar (Laakso & Kiviniemi, 2012).

Pero para que la interoperabilidad de IFC sea útil, debe implementarse en software a un nivel satisfactorio antes de que los usuarios finales tengan la oportunidad de adoptar completamente IFC en su organización (Laakso & Kiviniemi, 2012). En una investigación



anterior, se concluyó que los usuarios finales todavía no pueden confiar completamente en IFC, donde las pruebas realizadas mostraron, por ejemplo, pérdida de información y geometría distorsionada (Pazlar y Turk, 2008). Un software BIM puede, por ejemplo, tener sus propias extensiones no compatibles con IFC y, por lo tanto, la información puede perderse cuando se usa IFC (Pintar, 2009).

Una tesis reciente encuentra problemas similares con la pérdida de información y las diferencias de geometría (Khomiri y Löwstett, 2014). En entrevistas con contratistas y gerentes de instalaciones, Khomiri y Löwstett (2014) identifican tres razones principales por las que ocurren problemas al intercambiar datos usando IFC:

- Deficiencia al crear el modelo, donde, por ejemplo, el factor humano está involucrado cuando se crea un modelo de forma incorrecta.
- Deficiencia en el formato IFC, donde aún no puede mantener toda la información de un software BIM.
- Deficiencia en cómo se interpreta el archivo IFC en el software receptor.

#### **2.4.8. BuildingSMART e IFC**

##### **2.4.8.1. Manual de entrega de información (IDM)**

Un Manual de Entrega de Información (IDM) es un proceso estándar diseñado para capturar un proceso de negocios y especificar los detalles para el intercambio de información requerido por un rol en particular en un momento determinado (buildingSMART International, s.f.). El propósito de un IDM es crear una percepción común entre todas las partes participantes sobre cuándo debe intercambiarse la información y qué debe contener (Ekholm et al., 2013). Un IDM proporciona documentación y guía el flujo de trabajo del intercambio de información, y con el uso de un MVD se puede lograr el intercambio solicitado (Laakso y Kiviniemi, 2012).

##### **2.4.8.2. Diccionario BuildingSMART**

El BuildingSMART Data Dictionary (bSDD), anteriormente bajo el nombre de International Framework for Dictionaries (IFD), proporciona una base de datos para la información de construcción con términos y definiciones en diferentes idiomas (Ekholm et al., 2013). bSDD describe lo que se intercambia utilizando designaciones únicas para encontrar el término o definición correcta, conectando la información de una base de datos existente a un modelo de datos de IFC (Laakso y Kiviniemi, 2012).

#### **2.4.8.3. Atributos y propiedades**

La especificación IFC separa entre atributos y propiedades. Los atributos se adjuntan directamente a un objeto como un atributo de la entidad. Un objeto puede tener varios atributos, pero casi ninguno de ellos tiene que tener un valor definido. (buildingSMART International, s.f.).

Las propiedades se agrupan como conjuntos de propiedades y se asignan a un objeto por una relación y son más flexibles que los atributos (buildingSMART International, s.f.). Hay propiedades estándar definidas en la especificación IFC y propiedades no estándar que pueden crearse por cualquier aplicación de exportación (Graphisoft, s.f.). Las propiedades no estándar pueden usar cualquier nombre y almacenarse en cualquier conjunto de propiedades, donde el nombre del conjunto de propiedades generalmente contiene el nombre de la aplicación de exportación (Graphisoft, s.f.).

### **2.5. Software**

Software se refiere a todo aquello que es intangible en una computadora. Para la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) son programas informáticos que, dependiendo de los recursos computacionales, a través de una serie de algoritmos internos que se pueden programar y reprogramar para que lleven a cabo tareas de modelado y/o análisis complejos de los elementos que se requiera de una edificación de manera eficiente.

#### **2.5.1. Autodesk Revit**

Autodesk Revit es un software desarrollado por la compañía Autodesk que permite el modelado de y colaboración de las especialidades AEC, el mismo Autodesk Inc. (s.f.a) describe a Revit como un software BIM multidisciplinario para mejorar el resultado de los proyectos de construcción, siendo sus características principales la captura de manera eficiente y precisa de la intención de diseño en 3D, la colaboración y coordinación con equipos multidisciplinarios y la posibilidad de conectar los análisis y simulaciones en la nube.

#### **2.5.2. Autodesk Robot Structural Analysis Professional**

Autodesk Robot Structural Analysis Professional es un software desarrollado por la compañía Autodesk, según Autodesk Knowledge Network (s.f.) este software es una herramienta avanzada de análisis estructural que permite realizar análisis lineales y no lineales de los modelos de construcción, puentes y otros tipos de estructuras industriales y Autodesk Inc. (s.f.b) describe a Robot como el software BIM de análisis estructural para ingenieros, siendo sus características principales el crear diseños más resistentes,

construibles que sean precisos, coordinado y conectado a BIM y que está integrado en la colección AEC.

### **2.5.3. Sap2000**

Sap2000 es un software desarrollado por la compañía Computers and Structures Inc. (CSI), de acuerdo a CSI Spain (s.f.a) Sap2000 es un software de elementos finitos, con interfaz gráfica 3D orientado a objetos, con la capacidad de realizar integradamente el modelado, análisis y dimensionamiento de un amplio conjunto de problemas de la ingeniería estructural, sus principales características son el gran poder o potencial de cálculo, la flexibilidad de sus resultados, la versatilidad al momento de modelado que permite su aplicación en puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y en general cualquier infraestructura que requiera de análisis y dimensionamiento.

### **2.5.4. Etabs**

Etabs es un software desarrollado por la compañía Computers and Structures Inc. (CSI), de acuerdo a CSI Spain (s.f.b) Etabs es un software desarrollado para el análisis estructural y dimensionamiento de edificios, esta herramienta ofrece visualización 3D, una alta capacidad para realizar análisis lineales como no lineales, contiene una amplia gama de materiales, generación de informes y diseños esquemáticos para una sencilla comprensión y visualización de los resultados, además también cuenta con compatibilidad BIM permitiendo el flujo de datos bidireccionales a través del IFC (Industry Foundation Classes).

## **2.6. BIM Estructural o SBIM**

Según Agulló y Liébana (2013) BIM es la metodología que abarca y gestiona toda la información del edificio en su ciclo de vida y dentro de ésta se encuentra el SBIM (Structural Building Information Modeling) o BIM Estructural recoge información sobre la estructura dentro del modelo común de intercambio, esta información es una base de datos que incluye todos los elementos estructurales y sus materiales, el diseño preliminar o estructuración y predimensionamiento, el análisis estructural y diseño final de las secciones y cantidades de acero, documentación, etc., tal como se señala en la siguiente figura.

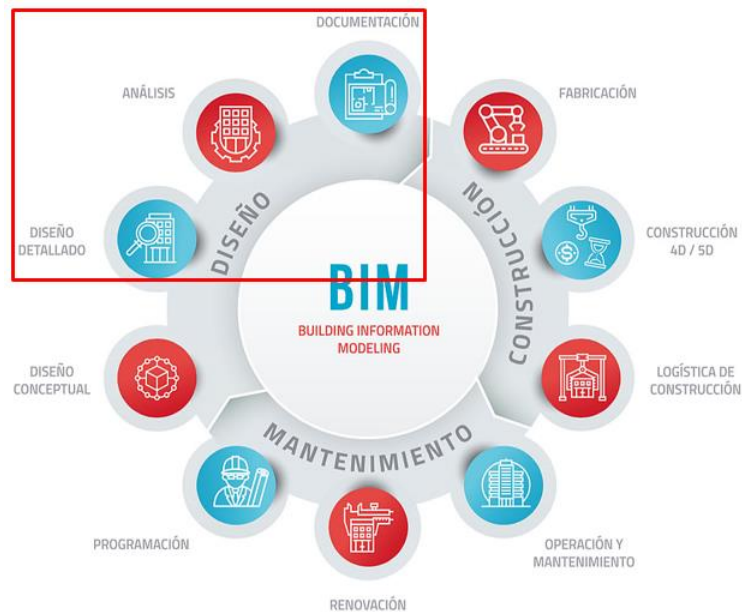


Figura 10. Ciclo de vida BIM.

Fuente: Simetría (s.f.)

### 2.6.1. Análisis Estructural

El análisis estructural es el medio por el cual se realiza el estudio del comportamiento o respuesta de una estructura que se somete bajo determinadas cargas o solicitaciones para realizar el diseño de la estructura (Otazzi, 2016). Gracias al avance agigantado de la tecnología, el proceso de análisis estructural se realiza con la ayuda de herramientas computacionales, ya que estas permiten el análisis de estructuras más complejas con más eficacia.

Aunque cada vez los computadores, como los softwares que se emplean para el análisis estructural son más potentes, las estructuras a analizar tienen que generar su esquema de cálculo, que simplificar el problema, separando lo importante de lo que carece importancia, ya que pretender solucionar el problema con todas las características o propiedades de la estructura sería imposible ya que prácticamente son inagotables (Feodosiev, 1980). Otra forma de referirse a esta simplificación es la idealización de la estructura el cual Hibbeler (2012) define como una forma de representar los sistemas estructurales estimando las cargas y la resistencia de los materiales que la componen, mediante modelos los cuales pueden utilizarse para determinar de manera aproximada las fuerzas que actúan sobre los elementos.

La idealización de la estructura o esquema de cálculo, para efectos del análisis estructural mediante software, se representa como el modelo analítico.

### 2.6.2. Modelo Físico y Modelo Analítico

Choque (2019) define el modelo físico como una representación 3D de la geometría real de la estructura y sirve para la realización de los planos finales y la gestión y control en la etapa de construcción y el modelo analítico como una representación 3D simplificada de las características estructurales que constituyen el modelo matemático de la estructura y que sirve para el análisis y diseño. Teniendo en cuenta la metodología BIM, se puede definir al modelo físico como el suministro de información necesaria para todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción y el modelo analítico el suministro de información necesaria para realizar el análisis estructural.

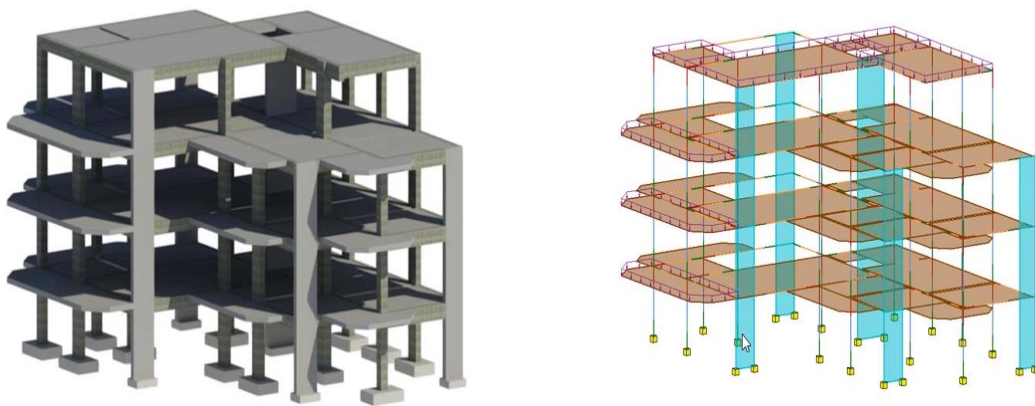


Figura 11. Modelo físico vs modelo analítico.

Fuente: Choque (2019)

### 2.6.3. Método de Elementos Finitos o MEF

El Método de Elementos Finitos o MEF, es el método de análisis estructural que los softwares estructurales utilizan para obtener la respuesta estructural. MEF es un método numérico aproximado para la solución de problemas de alto grado de complejidad dados, debido a geometrías complejas, diferentes tipos de carga y características distintas de los materiales (Quispe, 2015). Por lo que la idea general de este método y por el cual recibe su nombre, es la división de un elemento continuo en un conjunto de elementos más pequeños, ya que las ecuaciones que gobiernan el comportamiento del elemento continuo serán las mismas para el elemento pequeño o elemento finito, este proceso de división también se conoce como discretización y por esta razón es aproximado, ya que la precisión dependerá de la cantidad y tamaño de los elementos finitos en lo que se haya dividido o discretizado.

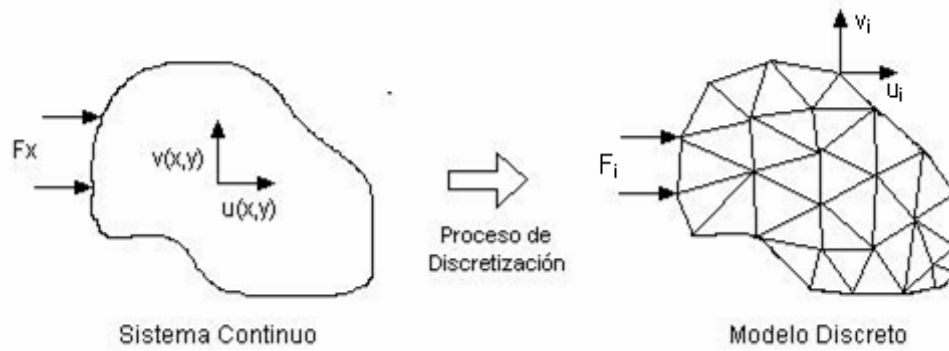


Figura 12. División o discretización de un elemento.

Fuente: Cortínez y Girón (s.f.)

Se puede considerar al MEF como una extensión mejorada del Método Matricial por Rigideces, ya que para llegar a la solución siguen el mismo principio, por lo que al analizar estructuras tipo barras el procedimiento y resultados son los mismos, solo que el MEF discretiza los elementos en  $n$  partes generando diagramas más detallados; pero al ingresar al análisis de elementos planos o sólidos el Método de Rigideces ya no es útil, ya que este solo admite elementos tipo barra mientras que por el contrario MEF permite o es capaz de darle solución a este tipo de elementos (Eadic, 2017).

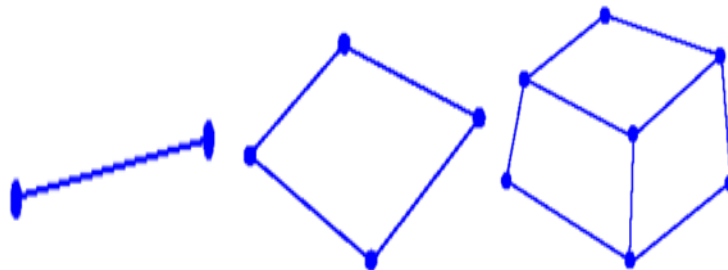


Figura 13. División o discretización de un elemento.

Fuente: Antico y Pezzotti (s.f.)

## CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Tipo de investigación

Existe una gran variedad de definiciones o agrupaciones realizadas por diferentes investigadores, al tratar de definir el tipo de investigación, pero de entre estas, se puede notar la coincidencia (al revisar en como agrupan o clasifican los métodos de investigación) en la división en 2 enfoques: el enfoque cualitativo y el cuantitativo, en la siguiente tabla se muestra las diferencias entre ellas.

**Tabla 6**

*Diferencias entre la investigación cualitativa y cuantitativa*

<b>Investigación Cualitativa</b>	<b>Investigación Cuantitativa</b>
Centrada en la fenomenología y comprensión	Basada en la inducción probabilística del positivismo lógico
Exploratoria, inductiva y descriptiva	Confirmatoria, inferencial y deductiva
Orientada al proceso	Orientado al resultado
Datos “ricos y profundos”	Datos “sólidos y repetibles”
Realidad dinámica	Realidad estática

**Nota:** Fuente: Díaz y Fernández (2002)

Además, Borja (2012) explica que la investigación cuantitativa se apoya en la medición numérica y el uso de la estadística, en cambio la investigación cualitativa no pretende hacer medición numérica, si no que utiliza la descripción y observación. Por lo tanto, el enfoque de la presente tesis es cualitativa

De acuerdo Behar (2008) según el nivel de conocimientos que se adquieren, se encuentra la investigación exploratoria y es este el tipo de investigación es el que sigue la presente tesis, ya que, la investigación exploratoria se enfoca en dar una visión general sobre un aspecto de la realidad y también es usa como investigación previa a otra, ya que de esta forma ayuda a conseguir una mayor eficiencia reduciendo esfuerzos (Niño, 2011).

Dentro de la investigación exploratoria se puede clasificar de acuerdo a la fuente de información, basada en la literatura, a través de consultas a expertos o mixta (Morales, s.f.). Jiménez (1998) menciona. “Las investigaciones exploratorias suelen incluir amplias revisiones de literatura y consultas con especialistas” (p.12). Por lo tanto, la presente tesis se considera como basada en la literatura.

### **3.2. Diseño de investigación**

El diseño que se sigue en la presente tesis es el diseño documental, ya que según Metodología Cualitativa (s.f.) el diseño documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos, es decir, la unidad de análisis son los propios documentos. Castañeda (2013) menciona además que el diseño documental se ocupa de los problemas a nivel teórico.

Dentro del diseño documental, Investigación Documental (s.f.) hace una diferenciación o clasificación según el objetivo del investigador, los cuales son: La presentación de una nueva teoría o modelo de interpretación que se basa en teorías existentes, crítica sobre ciertas áreas del conocimiento, incluida la evaluación y el análisis de la información disponible sobre un fenómeno determinado; estudios que comparan teorías de un área de conocimiento y estudios en literatura, historia, lingüística u otra área de carácter social; por lo tanto la presente tesis se desarrolla en la primera clasificación.

### **3.3. Formulación de la hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis general**

Haciendo uso de una documentación desarrollada bajo el enfoque OpenBIM se puede lograr una interoperabilidad BIM sin pérdida de datos de los softwares estructurales más usados en el Perú.

#### **3.3.2. Hipótesis específicas**

El lenguaje IFC puede ser la herramienta más adecuada para lograr la interoperabilidad BIM entre software distintos.

La transferencia de información a través de un IFC entre un software a otro no presentará pérdida considerable de datos.

El uso de protocolos puede ser de ayuda para asimilar el flujo de trabajo del enfoque OpenBIM.

El tiempo que se empleará en la generación de un modelo bajo el enfoque OpenBIM se reducirá.

Los modelos que se generen bajo el enfoque OpenBIM no presentarán diferencia en la respuesta estructural comparado con un modelo construido de forma tradicional.



### **3.4. Variables de la investigación**

Hernández et al. (2014) menciona que los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominamos variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control:

#### **3.4.1. Variables independientes (VI)**

- Lenguaje IFC
- Información
- Flujo de trabajo
- Modelos
- Modelo Estructural

#### **3.4.2. Variables dependientes (VD)**

- Interoperabilidad BIM
- Transferencia
- Protocolos
- Tiempo
- Respuesta Estructural

**Tabla 7**  
*Operacionalización de variables*

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINIICÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Analizar el lenguaje de comunicación IFC para garantizar la interoperabilidad BIM de los softwares Sap2000, Etabs y Robot	Interoperabilidad BIM (VD)	Por interoperabilidad se entiende la capacidad de intercambiar datos entre aplicaciones (entre software BIM), permitiendo uniformar el flujo de trabajo y facilitando la automatización.	Es la facultad de los softwares para recibir información, poder utilizarla y devolverla o enviarla a otro software.	Colaboración	Lectura de la información / Uso de la información / Comunicación de la información.	Software editor de texto Notepad
	Lenguaje IFC (VI)	IFC es un estándar común para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información independientemente de la aplicación de software que se esté utilizando.	A partir de los IFC ya construidos, se analiza el formato IFC para el intercambio de información entre software Revit, Sap2000, Etabs y Robot	IFC	Líneas de código	Archivo IFC
Evaluar la transferencia de la información que salga o ingrese de un software a otro usando IFC.	Transferencia (VD)	Transferencia es un término vinculado al verbo transferir (trasladar o enviar una cosa desde un sitio hacia otro, conceder un dominio o un derecho).	Es la forma en cómo se comparte información entre softwares distintos.	Compartir información	Información transmitida exitosamente, información perdida	Ficha de observación.
	Información (VI)	La información es un conjunto de datos que organizados en un contexto determinado tienen su significado, cuyo propósito puede ser el de reducir la incertidumbre o incrementar el conocimiento acerca de algo.	Se ingresa y define las características y propiedades de elementos estructurales en un software.		Características y Propiedades del elemento	Elemento estructural
Desarrollar protocolos que mejoren la asimilación del flujo de trabajo del enfoque OpenBIM	Protocolos (VD)	Protocolo es el término que se emplea para denominar al conjunto de normas, reglas y pautas que sirven para guiar una conducta o acción.	Es la forma en cómo se plantea la organización, las normas y las etapas que se deben seguir en un proyecto.		Organización / Normas / Etapas	Guías OpenBIM
	Flujo de trabajo (VI)	El flujo de trabajo se centra en las personas y las instrucciones, describe el papel de cada persona involucrada y le permite organizar sus procesos de trabajo diarios.	Se refiere a un trabajo colaborativo, multidisciplinar y multiusuario.	Relación entre agentes.	Trabajo colaborativo / Trabajo Multidisciplinar / Trabajo Multiusuario	Software Word
Comparar el tiempo que toma generar un modelo con el enfoque OpenBIM entre un flujo de trabajo con y sin protocolos de operación.	Tiempo (VD)	El tiempo es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos.	Es la duración que toma generar un modelo.		Duración	Reloj
	Modelos (VI)	El modelo es una representación parcial de la realidad.	Forma en que se representa virtualmente una edificación utilizando software.	Representación de sistema estructural	Elementos estructurales	Software Revit
Evaluar la respuesta estructural de un modelo generado bajo el enfoque OpenBIM y uno generado de forma tradicional.	Respuesta Estructural (VD)	La respuesta estructural es la determinación del comportamiento de las estructuras sometidas a las diferentes solicitaciones.	La respuesta estructural se obtiene a través de un proceso de cálculo (análisis estructural) para determinar los efectos de las cargas y las fuerzas internas de la estructura.	Análisis estructural	Deformaciones / Desplazamientos / Fuerzas internas	Software Sap 2000, Etabs y Robot
	Modelo Estructural (VI)	El modelo estructural es una representación parcial de una estructura real.	A partir de la arquitectura se realiza la configuración estructural para posteriormente analizar la estructura	Configuración estructural	Estructuración / Tipo de Uso / Cargas Externas	Modelo adecuado

### 3.5. Fases de desarrollo

#### 3.5.1. Recopilación de información

Es conveniente señalar que la recopilación de información utilizada, es la técnica que empleamos para obtener la información que permite comprender el fenómeno estudiado y descubrir la realidad que encierra los datos recopilados que faculta generar teorías a partir de datos aportados por diversos investigadores.

#### 3.5.2. Etapas de desarrollo de protocolos de interoperabilidad

##### a) Análisis del lenguaje IFC

A partir del modelo construido en software arquitectónico y estructural se evalúa los elementos en común a modelar, como también la composición interna del IFC para cada elemento estructural, posteriormente se clasifica y valida los códigos de escritura y lectura para el intercambio de información, teniendo en cuenta la variable de interoperabilidad y lenguaje IFC.

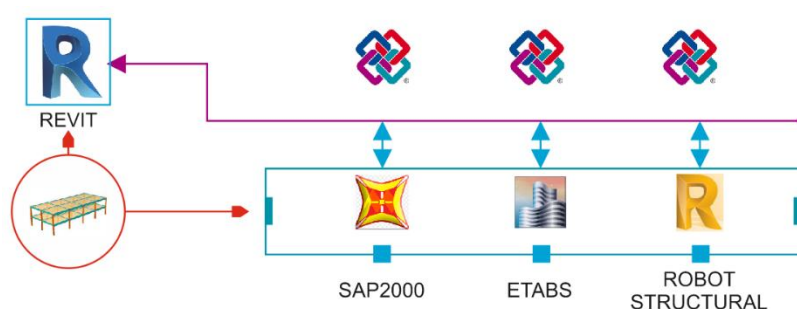


Figura 14. Análisis del lenguaje de comunicación IFC.

##### b) Evaluación de la transferencia de información de IFC

Seguidamente se ingresa y define las características y propiedades de elementos estructural es en un software, de forma que esta información sea compartida con el software heterogéneo en donde se deberá tener en cuenta lo siguiente: Geometría, posición y datos de identidad.

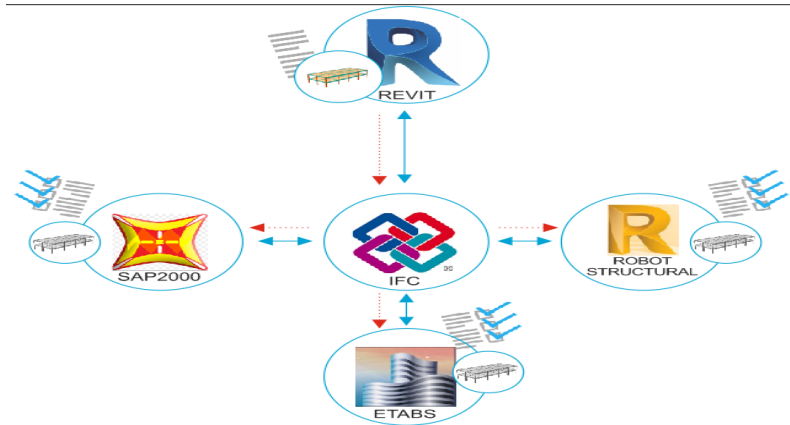


Figura 15. Evaluación de la transferencia de la información.

### c) Desarrollo de protocolos

Posteriormente se plantea el desarrollo y la asignación de protocolos teniendo en cuenta los estándares BIM internacionales, así mismo las etapas que se deben seguir en un trabajo colaborativo multidisciplinar y multiusuario.

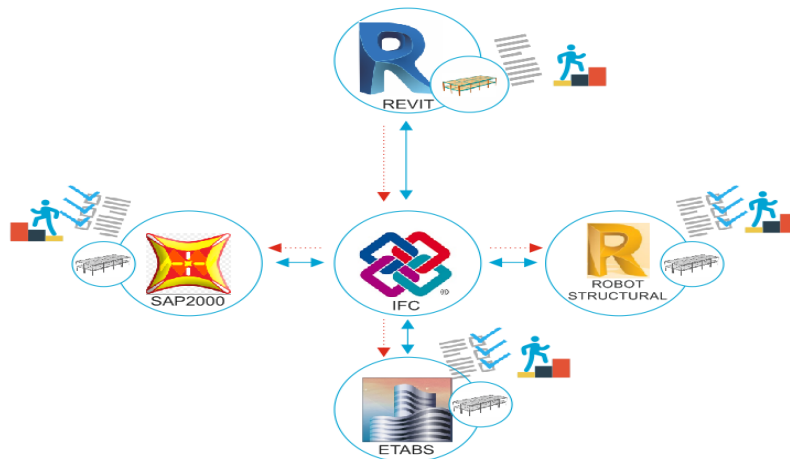


Figura 16. Desarrollo de protocolos que mejore la asimilación del flujo de trabajo.

### d) Comparación de tiempo en el modelado

A partir de un ejemplar, se realizará un modelado en los softwares Sap2000, Etabs y Robot de forma manual, es decir de forma tradicional sin uso de protocolos y también a partir del modelo en Revit, es decir con metodología BIM haciendo uso de protocolos, para posteriormente registrar el tiempo que toma generar los modelos y de esta forma comparar las cantidades de tiempo determinando la metodología que requiere menor tiempo.

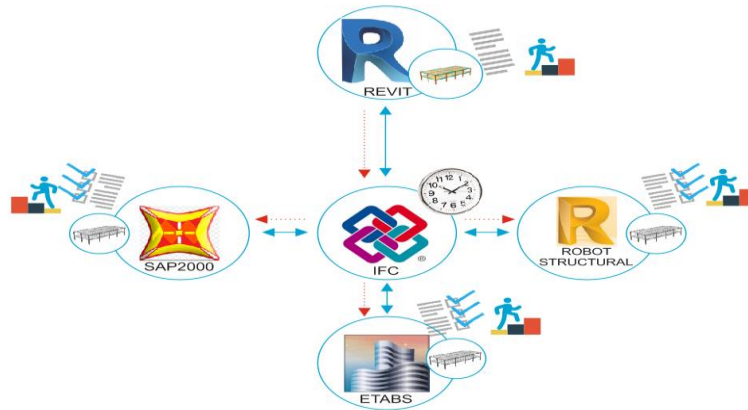


Figura 17. Control de tiempo de flujo de trabajo.

### e) Evaluación de la respuesta estructural

A partir de un ejemplar se realizará un modelado en los software Sap2000, Etabs y Robot de forma manual, es decir de forma tradicional y también a partir del modelo en Revit el cual por medio de la interoperabilidad se enviará la información que contiene a los softwares estructurales, es decir con metodología BIM y posteriormente evaluar la respuesta estructural de ambos casos que se obtiene a través de un proceso de cálculo (análisis estructural) para evaluar si los softwares estructurales utilizados pueden leer correctamente la información que se les proporciona a través de la interoperabilidad, teniendo como referencia a los resultados del modelado manual.

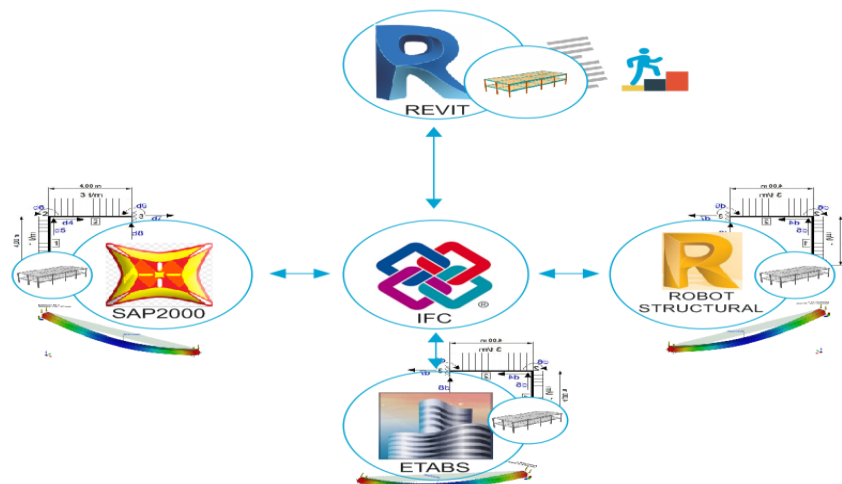


Figura 18. Evaluación de la respuesta estructural de un modelo generado bajo el enfoque OpenBIM.

### **3.5.3. Proceso y criterios de comunicación interoperable**

Concluido con las anteriores fases se desarrolla como documento complementario el proceso y los criterios de comunicación interoperable que se adoptaron para la realización del presente proyecto, que al mismo tiempo obedecen a estándares internacionales.

### **3.6. Recursos para la recolección de datos**

A continuación, se da a conocer el listado de los recursos tomados en cuenta para la recolección de datos.

- Bibliografía (libros físicos y digitales).
- Datos obtenidos directamente de laboratorio.
- Trabajos de investigación (tesis, artículos, monografías, etc.).
- Información de Internet en general.

### **3.7. Descripción del lugar de estudio**

La ciudad de Juliaca es la capital de la Provincia de San Román y del distrito homónimo, ubicada en la jurisdicción de la región Puno, en el sudeste del Perú, se caracteriza por la presencia vientos, Así mismo es una ciudad con mucha informalidad en la construcción.

### **3.8. Guías y normas utilizadas.**

#### **3.8.1. Guías.**

- GUÍAS BIM CHILE
  - Plan BIM Chile: Estándar BIM para Proyectos Públicos
  - Comité de Transformación Digital - Plan BIM
- GUÍAS BIM ESPAÑA
  - Zigurat Global Institute of Technology
  - buildingSMART Spanish Chapter: Guías uBIM
  - libro blanco del BIM en la edificación catalana
- GUÍAS BIM UK
  - AEC (UK) BIM Protocol
- GUÍAS BIM USA
  - BIM\_Project\_Execution\_Planning\_Guide\_V2.1 - The Pennsylvania State University
  - BIM FORUM: The US Chapter of buildingSMART International
  - AIA Document C191 2009 - Standard Form Multi-Party Agreement for IPD

### **3.8.2. Normativa**

- ISO 9001:2015: Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.
- ISO 12006-2:2015: Building construction -- organization of information about construction works - part 2: framework for classification.
- ISO 16739-1: 2018: Industry foundation classes (ifc) for data sharing in the construction and facility management industries -- part 1: data schema.
- ISO 19650-1:2018: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (bim) -- information management using building information modelling -- part 1: concepts and principles.

### **3.9. Proceso de ejecución BIM**

Con el objetivo de proveer de un marco de funcionamiento que permite a los distintos agentes del proyecto desarrollar los procesos BIM, así como las mejores prácticas de una manera eficiente, se tiene definidos los siguientes aspectos:

- Modelos BIM.
- Estado de avance de información.
- Diseño de procesos de ejecución BIM.

### **3.10. Modelo BIM**

Representación digital tridimensional por un actor del proyecto con una herramienta BIM, en donde se puede generar y/o gestionar durante cualquier fase del proyecto.

#### **3.10.1. Tipos y entidades de modelo BIM**

La gestión de cualquier proyecto es necesario modelos que aseguren la eficiencia en los procesos y la entrega final de un producto de calidad. Por otro lado, las entidades son elementos virtuales que representa a un objeto físico o abstracto de construcción están extraídos resumidamente de la clasificación de elementos del sistema de clasificación (ASTM Unifomat II), finalmente la descripción de IFC de la norma ISO 16739-1:2018.










Modelos BIM		Entidades	
Sitio		Ejes (IfcGrid)	Muros Cortina (IfcCurtainWall)
Volumétrico		Terreno (IfcSite)	Ventanas (IfcWindow)
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		Elementos Civiles (IfcCivilElement)	Puertas (IfcDoor)
Estructura		Elementos Geográficos (IfcGeographicElement)	Cubiertas / Techumbre (IfcRoof)
MEP		Fundaciones (IfcFooting)	Cielos Falsos / Acabados (IfcCovering)
Coordinación (**)		Zonas / Espacios (IfcSpace-IfcZone)	Sistemas de Circulación / Escaleras / Rampas (IfcTransportElement – ifcStair – IfcRamp)
Construcción (***)		Columnas (IfcColumn)	Equipos e Instalaciones (IfcSanitaryTerminal- IfcMedicalDevice-IfcLamp)
As-Built		Vigas (IfcBeam)	Muebles (IfcFurniture- IfcSystemFurnitureElement)
Operación		Losas / Radier (IfcSlab)	Estructuras Especiales (IfcElementAssembly)
		Muros (IfcWall)	Equipamiento y Tableros MEP (IfcEnergyConversionDevice - IfcDistributionControlElement)
			Distribución y Tuberías MEP (IfcDistributionFlowElement)

Figura 19. Modelos y entidades BIM

Fuente: PlanBIM (2019)

### 3.10.2. Entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM

En la siguiente tabla se indican algunas de las entidades mínimas requeridas en cada tipo de modelo de información. La descripción de IFC de cada entidad se puede encontrar en la norma ISO 16739-1:2018.

Estos modelos y entidades BIM deben de ser entregados en formatos reutilizables con el objetivo de garantizar la factibilidad de uso de la información. Por esta razón los formatos que se requieren son los siguiente: Formato IFC 2X3 (mínimo), Formato LandXML en caso corresponda y Formato nativo del software BIM de autoría.





### 3.11. Estado de avance de información de los modelos

El proyecto tendrá que ir evolucionando también encaminando en distintas fases consecutivas. Los modelos BIM siempre estarán referenciados al progreso en el tiempo del proyecto, por ende, este en la siguiente figura que se muestra los estados de avance de información que ciertamente los contempla el Plan BIM de Chile que divide en cuatro fases que son planificación, diseño, construcción y operación y esta se subdivide en nueve sub fases que ciertamente agrupan para una mejor y optimo proceso en el progreso del proyecto. Así mismo en los diversos documentos internacionales o contemplados por otros países como España, Finlandia, Australia, Nueva Zelanda y otros tienen su propia forma de organizar las fases del proyecto, pero si hacemos un análisis exhaustivo llegaremos a la conclusión que estas se componen en cuatro en los cuales se divide, pero siempre con el mismo inicio y fin.

ESTADO DE AVANCE DE LA INFORMACIÓN		
Información de Planificación	DC Diseño Conceptua	Fase inicial del proceso de diseño, en la cual a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades del Solicitante, se establece el conjunto de tareas necesarias para obtener una solución al problema planteado.
	DA Diseño de Anteproyecto	Fase temprana del proceso de diseño, en la que se establecen los criterios generales de un proyecto, considerando los requerimientos y restricciones del Solicitante, tales como normativos y legales.
Información de Diseño	DB Diseño Básico	Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto.
	DD Diseño de Detalle	Fase en la que se elabora la documentación específica de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la fabricación y/o construcción de éstos.
Información de Construcción	CC Coordinación de Construcción	Fase en la que se planifica el conjunto de actividades a ejecutar de un trabajo de construcción, ordenando de la manera más eficiente posible y planificando todas las acciones para su ejecución.
	CM Construcción, Manufactura y Montaje	Fase de ejecución de las actividades planificadas en el terreno o fuera de él (off-site), que da inicio a las tareas de fabricación, tanto manuales como industrializadas.
	AB As-Built	Fase en la que se registra el proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo. En esta fase se realiza la entrega de la información de la construcción, concluyendo el contrato de ésta.
Información de Operación	PM Puesta en Marcha	Fase en la que se llevan a cabo las actividades de traspaso del activo al cliente, incluyendo también la información para el uso de ésta como por ejemplo, las garantías de los equipos instalados. Esta información sirve también para el desarrollo de eventuales proyectos de remodelación o ampliación. Esta fase considera las pruebas de funcionamiento del activo.
	GM Gestión y Mantenimiento del Activo	Fase en la que se ejecutan las tareas de mantenimiento de acuerdo al programa de servicios del activo. Esto incluye las actividades enumeradas en la estrategia de traspaso, la evaluación posterior a la ocupación y la revisión de desempeño del proyecto.

Figura 21. Estado de avance de la información de los modelos

Fuente: PlanBIM (2019)

### 3.12. Diseño de procesos de ejecución BIM

Una vez identificado los usos BIM, se realiza un procedimiento de mapeo de procesos para planificar la implementación BIM. Inicialmente, se desarrolla un mapa general que muestra cómo se realizarán los diferentes usos BIM. Luego, se desarrollan mapas detallados del proceso de uso de BIM para definir la implementación específica de BIM con un mayor nivel de detalle.





El mapa de procesos desarrollado en este paso permite al equipo comprender el proceso BIM general, identificar los intercambios de información que se compartirán entre varias partes y definir claramente los diversos procesos que se realizarán para los usos BIM identificados. El uso de técnicas de mapeo de procesos permite al equipo realizar este paso de manera efectiva.

Estos mapas de procesos también servirán de base para identificar otros temas importantes de implementación, incluida la estructura del contrato, los requisitos entregables de BIM, la infraestructura de tecnología de la información y los criterios de selección para futuros miembros del equipo.

#### 3.12.1. Simbología para la representación del mapa de procesos





Para la Ejecución BIM, la notación preferida para el desarrollo de mapeo de procesos es la Notación de Modelado de Procesos de Negocio (BPMN).

**Tabla 8**  
*Símbolos utilizados para la representación del mapa de procesos*

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
Evento	Un evento es un hecho en la trayectoria de un proceso de negocio. Existen: Comienzo, intermedio y final.	
Proceso	Un proceso se representa por un rectángulo y es un término genérico para un trabajo o actividad.	
Puerta/entrada	Decisión convencional en un diagrama de flujo.	
Secuencia/flujo	Se utiliza para mostrar el orden (predecesor y sucesor) de las actividades que se llevarán a cabo en el proceso	

**Nota:** Fuente: Pennt state (s.f.)

**Tabla 8***Símbolos utilizados para la representación del mapa de procesos (continuación)*

<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Asociación	Se utiliza para unir información y procesos con los "data object". Los data object se entienden como los archivos que contienen la información necesaria. La punta de la flecha indica el sentido del flujo.	
Contenedor / "piscina"	Contenedor gráfico para dividir las actividades	
Línea horizontal	Subdivisión del contenedor gráfico "pool". Utilizadas para organizar y categorizar actividades.	
Elemento Información	Mecanismo para mostrar qué información se requiere o es producida por las actividades. Están conectadas con las actividades a través de asociaciones	
Group	Sirve para agrupar elementos de información	 Modelo de

**Nota:** Fuente: Pennt state (s.f.)

### 3.12.2. Nivel 1: mapa general de BIM

Se muestra la relación de los usos BIM que se emplearán en el proyecto. Este mapa de proceso también contiene los intercambios de información de alto nivel que ocurren durante todo el ciclo de vida del proyecto y a grandes rasgos en la etapa de operaciones.

Penn state (s.f.) propone en el BEP algunos procesos coherentes que ciertamente están aplicados a un proyecto en específico que surgió de una tesis, por ende, no podemos tomar tal cual estos procesos, pero si como una referencia para su utilidad en cualquier proyecto con modificaciones y usos que requiera este.

## ESTRUCTURA MAPA NIVEL 1

### CRITERIOS PARA LA CREACIÓN

1. Introducir usos BIM
2. Organizar usos conforme las fases.
3. Identificar a las partes responsables de cada uso.
4. Determinar los intercambios requeridos para cada uso.

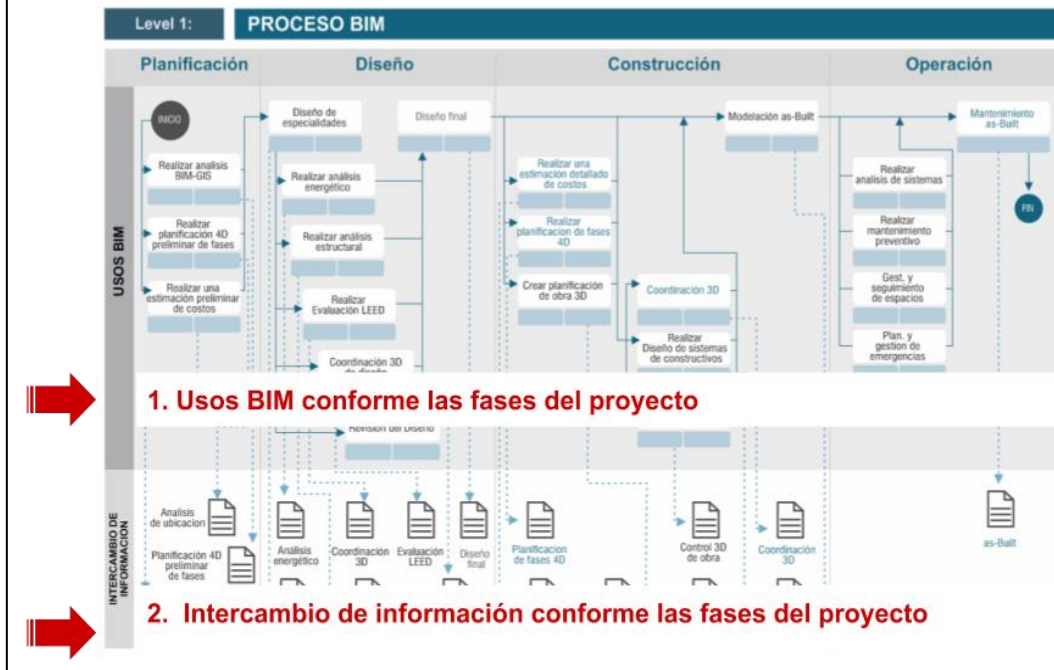


Figura 22. Mapa general del BIM

### 3.12.3. Nivel 2: mapas detallados del proceso de uso de BIM

Se crea mapas detallados del proceso de uso de BIM para cada uso de BIM identificado en el proyecto para definir claramente la secuencia de varios procesos a realizar. Estos mapas también identifican a las partes responsables de cada proceso, el contenido de información de referencia y los intercambios de información que se crearán y compartirán con otros procesos.

Este proceso hace que sea más minucioso el proceso de cómo se harán las cosas cuando se ha de intercambiar con las personas involucradas en el proyecto.

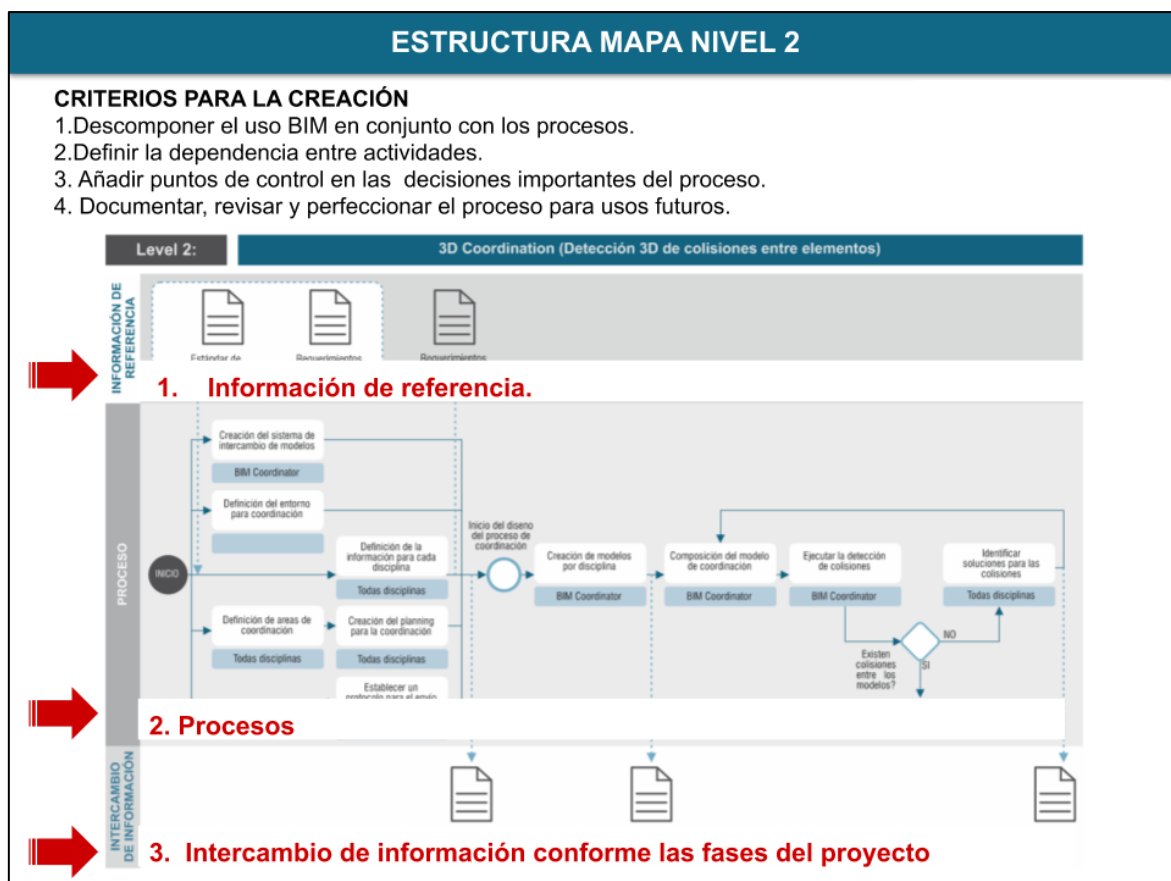


Figura 23. Mapas detallados del proceso de uso del BIM

Los mapas de proceso BIM estándar están creados para demostrar los procesos BIM de la organización a los miembros del equipo del proyecto interna y externamente. Si bien la creación de un Mapa de proceso general (Nivel uno) genérico puede ser beneficioso para el equipo del proyecto, esto variará mucho de un proyecto a otro (dependiendo de los Usos seleccionados). Para el proyecto nos hemos orientado en los mapas de proceso de nivel de la Guía PENN-State. Se pueden requerir múltiples mapas de proceso para cada uso de BIM, según el software, el nivel de detalle, el tipo de contrato, el método de entrega y el tipo de proyecto.

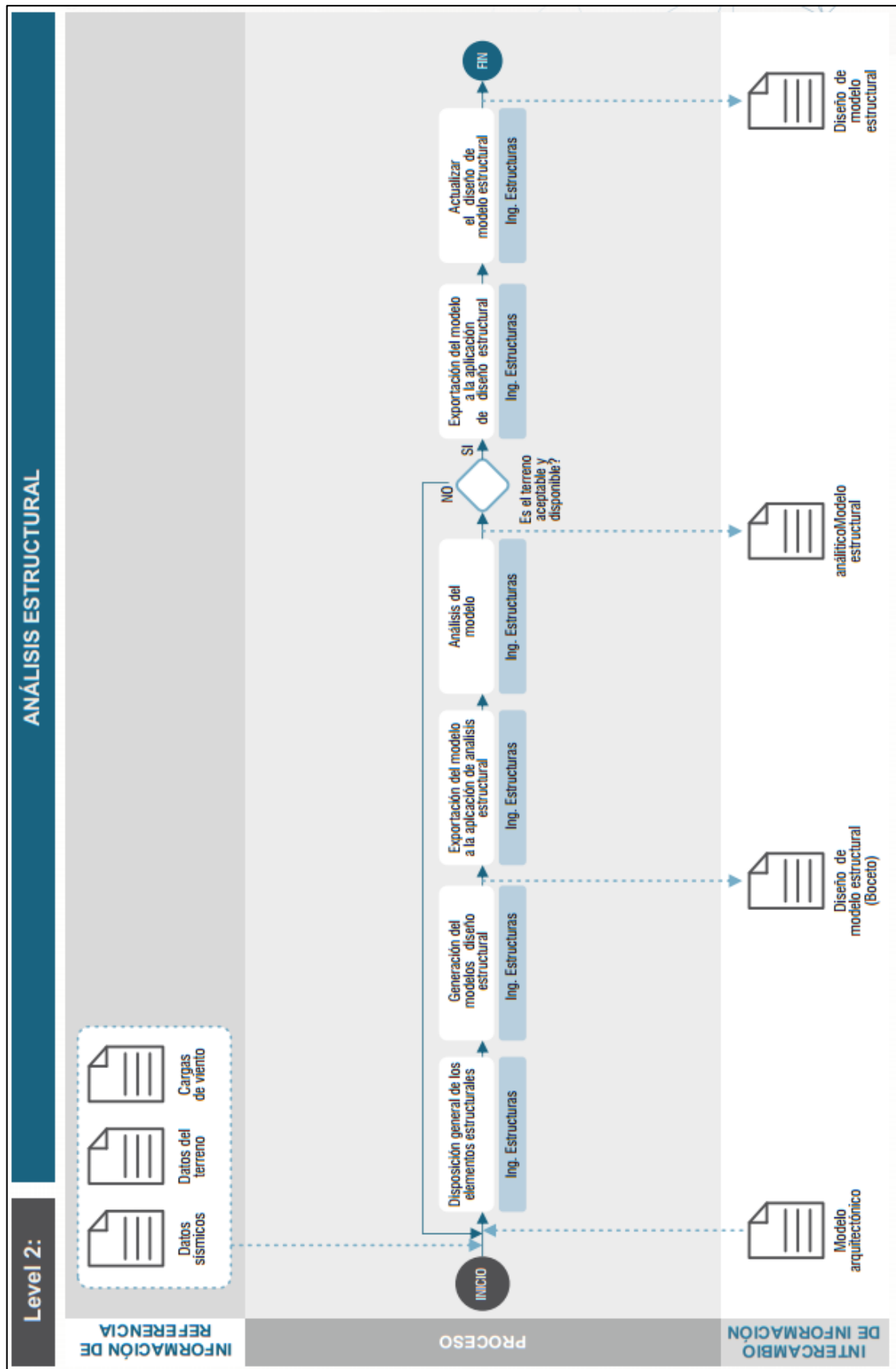


Figura 24. Mapas detallados del proceso de uso Estructural BIM

### **3.13. Intercambio de información BIM**

El equipo de planificación del proyecto ha de organizar los procesos de intercambios de información del proyecto. Este proceso establece para cada entregable del proyecto los intercambios de información que se van a producir definiendo las condiciones en las que debe producirse dicho intercambio.

Definidos los Usos de BIM para un proyecto en cuestión, se organizan todos los entregables de información necesarios para satisfacer las necesidades de cada uno de los Usos. Esta información se estructura en una tabla de forma que pueda ser identificado el responsable de cada entregable en cada etapa del proyecto vinculado al nivel de detalle requerido para dicha información.

### **3.14. Tipos de información**

Tanto los tipos de información (TDI) y niveles de detalle (LOD) son con el objetivo de explicar los grupos de datos que deberán estar contenidos en las entidades de los modelos y el grado de profundidad de esa información.

#### **3.14.1. Tipos de información (TDI)**

Los tipos de información son un requisito para generar adecuadamente un uso en específico, así mismo los tipos de Información, son quince grupos de datos que pueden estar contenidos en las entidades de los modelos.



Información general del proyecto	TDI_A		Información básica de identificación del proyecto como el tipo de edificio o infraestructura, nombre del proyecto, dirección, requerimientos espaciales y programáticos, entre otros.
Propiedades físicas y geométricas	TDI_B		Información de las características y propiedades físicas de las entidades tales como anchos, largos, altos, área, volumen, masa, etc.
Propiedades geográficas y de localización espacial	TDI_C		Información de las propiedades de ubicación espacial y geográfica de las entidades, tal como la latitud y longitud para la georreferencia del proyecto, el número y nombre de piso, el número y nombre del espacio o zona y otra información necesaria para el posicionamiento de las entidades.
Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor	TDI_D		Información específica para la fabricación y/o construcción, como el tipo de elemento (muro, pilar, puerta, etc.), su materialidad, nombre de sus componentes - en caso de existir-, identificación del producto, entre otros.
Especificaciones técnicas	TDI_E		Información de la especificación técnica de la entidad, como peso de transporte, nivel de ruido, etc. En general, aplica para cualquier elemento que sea fabricado industrialmente como, por ejemplo, equipos de aire, mobiliario, entre otros.
Requerimientos y estimación de costos	TDI_F		Información básica para la estimación del costo total del activo, como, por ejemplo, el costo unitario referencial, costo base de ensamblaje, costo de transporte, entre otros.
Requerimientos energéticos	TDI_G		Información de características energéticas de las entidades, como requerimientos de humedad, valor U, consumo de servicios, low E glazing, entre otros.
Estándar sostenible	TDI_H		Información sobre condiciones de sustentabilidad, requerimientos de calidad de iluminación, especificaciones de materiales sustentables y contenido reciclado, entre otros.
Condiciones del sitio y medioambientales	TDI_I		Es información de las características generales del sitio y su entorno tales como, condiciones sísmicas, uso del terreno, de suelo y niveles de riesgo a las personas, entre otras.
Validación de cumplimiento de programa	TDI_J		Información clave para realizar una validación del cumplimiento del programa funcional del proyecto, como áreas planificadas, requisitos de áreas vidriadas, volumetría espacial y servicios requeridos, entre otros.
Cumplimiento normativo	TDI_K		Información que permita revisar el cumplimiento normativo y los requerimientos de seguridad de los ocupantes del proyecto, como requerimientos de control de fuego, requerimientos de ventilación, anchos de accesos, carga de uso y carga de ocupación, así como también aspectos seguridad vial, diseño geométrico de vías, entre otros.
Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización	TDI_L		Información que permita revisar fases, secuencias de tiempo y calendarización de áreas o partes de un proyecto, como, fases contempladas, orden de hitos del proyecto y orden de construcción, entre otros.
Logística y secuencia de construcción	TDI_M		Información clave para revisar la logística de la construcción y su secuencia, como, por ejemplo, ID del material e ID de instalación, número de serie del componente instalado, entre otros.
Entrega para la operación	TDI_N		Información clave para apoyar el funcionamiento de la entrega de la construcción como, por ejemplo, nombre de las empresas o compañías participantes del proyecto, sus contactos, nombre de la especialidad y áreas de trabajo, entre otras.
Gestión de activos	TDI_O		Información para la gestión del activo como, tipos de productos, tipos de repuestos, fechas de inicio y fin de garantías, entre otros.

Basada en Planbim Chile, en la Matriz de elementos/objetos del US Veterans Affairs y en Project Execution Planning Guide

Figura 25. Tipos de información.

Fuente: PlanBIM (2019)

### 3.14.2. Tipos de información por cada uso BIM

<div>● : Se considera TDI para el Uso BIM indicado</div> <div>* : TDI puede ser utilizado para proyectos que consideren rehabilitación</div>	<div>Usos BIM</div>	Tipos de Información (TDI)																			
		1. Análisis BIM-GIS	2. Estimación de cantidades y costos	3. Planificación 4D de fases	4. Coordinación 3D	5. Diseño de especialidades	6. Revisión del diseño	7. Análisis Ingenierías	a. Análisis estructural	b. Análisis energético	8. Evaluación LEED	9. Planificación de obra	10. Diseño de sistemas constructivos	11. Fabricación digital	12. Control de obra 3D	13. Modelación as-Built	14. Análisis de sistemas	15. Mantenimiento preventivo	16. Gestión y seguimiento de espacios	17. Planificación y gestión de emergencias	
		TDI_A		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		TDI_B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		TDI_C		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		TDI_D		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●		
		Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor																			
		TDI_E		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
		TDI_F		●				●	●				●			●	●	●	●		●
		TDI_G		●		●	●	●	●		●	●		●		●	●	●	●		●
		TDI_H				●	●	●	●		●	●	●	●		●	●	●	●		
		TDI_I		●		●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●		●
		TDI_J		●			●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		TDI_K		●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		TDI_L			●	●		*			●	●			●	●					
		TDI_M		●	●	●			●				●	●	●	●	●				●
		TDI_N													●		●		●		
		TDI_O			●												●	●	●	●	●

Basada en PlanBim Chile, en la Matriz de elementos/objetos del US Veterans Affairs y en Project Execution Planning Guide

Basada en PlanBim Chile, en la Matriz de elementos/objetos del US Veterans Affairs y en Project Execution Planning Guide

Figura 26. Tipos de información por cada uso del BIM

Fuente: PlanBIM (2019)

### 3.15. Niveles de desarrollo (LOD)

El LOD son las siglas de Level of Development, que es el grado de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM, según la fase del Estado de Avance de la Información de los Modelos en el que se requiera. Esta información irá cambiando y aumentando a medida que el proyecto avanza. Los LOD están directamente relacionados con los TDI.

Según refleja el AIA en el Documento “G-202™\_2013, Article 2. Level of Development” y el “BIMForum - The US Chapter of buildingSMART International”, los distintos niveles de desarrollo (LOD) por los que puede pasar un elemento son cinco.

Para cada nivel de desarrollo se establecen unos requisitos de contenido mínimo y unos usos. Los elementos que se encuentren en un nivel de desarrollo específico deberán cumplir con el contenido mínimo establecido para ese nivel y por lo tanto podrán ser destinados a los usos que establece dicho nivel.

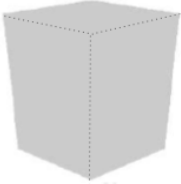
LOD 100	
	<b>Requisitos de contenido:</b> El elemento de modelo puede representarse de forma gráfica mediante un símbolo u otra representación de carácter genérico sin satisfacer los requisitos establecidos para el LOD 200. La información relacionada con el elemento de modelo (por ejemplo: coste por metro cuadrado) puede derivarse de otros elementos de modelo.
	<b>USOS AUTORIZADOS:</b>
<b>ANÁLISIS</b>	Basado en las dimensiones geométricas del elemento, en su ubicación y en su orientación, aplicándole para ello rendimientos generales ya fijados para otros elementos de modelo.
<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	Basada en sus dimensiones geométricas (por ejemplo: coste por m2, unidad de apartamento, etc).
<b>PROGRAMACIÓN</b>	El elemento de modelo puede utilizarse para la determinación de fases y duraciones de proyecto.

Figura 27. LOD (Level Of Detail) 100

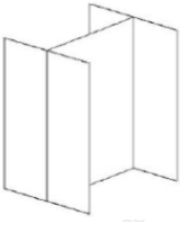
LOD 200								
	<p><b>Requisitos de contenido:</b> El elemento de modelo se representa de forma gráfica como un elemento o conjunto de elementos genéricos, con cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximada. El elemento puede contener información no gráfica asociada.</p>							
	<p><b>USOS AUTORIZADOS:</b></p> <table> <tr> <td><b>ANÁLISIS</b></td><td>Comportamiento del elemento utilizando los criterios generales establecidos para los elementos de modelo.</td></tr> <tr> <td><b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b></td><td>Basada en información aproximada y técnicas de estimación de cantidades, (por ejemplo: Cantidad de elemento).</td></tr> <tr> <td><b>PROGRAMACIÓN</b></td><td>Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas más importantes de proyecto.</td></tr> <tr> <td><b>COORDINACIÓN</b></td><td>Coordinación general del elemento de modelo en cuanto a tamaño, localización y separación mínima con respecto a otros elementos.</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios generales establecidos para los elementos de modelo.	<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	Basada en información aproximada y técnicas de estimación de cantidades, (por ejemplo: Cantidad de elemento).	<b>PROGRAMACIÓN</b>	Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas más importantes de proyecto.	<b>COORDINACIÓN</b>
<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios generales establecidos para los elementos de modelo.							
<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	Basada en información aproximada y técnicas de estimación de cantidades, (por ejemplo: Cantidad de elemento).							
<b>PROGRAMACIÓN</b>	Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas más importantes de proyecto.							
<b>COORDINACIÓN</b>	Coordinación general del elemento de modelo en cuanto a tamaño, localización y separación mínima con respecto a otros elementos.							

Figura 28. LOD (Level Of Detail) 200


LOD 300								
	<p><b>Requisitos de contenido:</b> El elemento de modelo se representa de manera gráfica como un elemento o conjunto de elementos específicos con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación. Esto significa que todas estas propiedades podrán medirse directamente en el modelo sin tener que acudir a la información no modelada. Puede haber enlazada al elemento de modelo información no gráfica.</p>							
	<p><b>USOS AUTORIZADOS:</b></p> <table> <tr> <td><b>ANÁLISIS</b></td><td>Comportamiento del elemento utilizando los criterios específicos establecidos para el elemento de modelo.</td></tr> <tr> <td><b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b></td><td>El elemento puede ser utilizado para desarrollar estimaciones de coste apropiadas para licitación, basándose en la información específica aportada.</td></tr> <tr> <td><b>PROGRAMACIÓN</b></td><td>Los elementos del modelo pueden ser utilizados para mostrar de forma ordenada su aparición en la construcción.</td></tr> <tr> <td><b>COORDINACIÓN</b></td><td>Coordinación específica en cuanto tamaño, localización distancia mínima con respecto a otros elementos de modelo.</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios específicos establecidos para el elemento de modelo.	<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	El elemento puede ser utilizado para desarrollar estimaciones de coste apropiadas para licitación, basándose en la información específica aportada.	<b>PROGRAMACIÓN</b>	Los elementos del modelo pueden ser utilizados para mostrar de forma ordenada su aparición en la construcción.	<b>COORDINACIÓN</b>
<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios específicos establecidos para el elemento de modelo.							
<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	El elemento puede ser utilizado para desarrollar estimaciones de coste apropiadas para licitación, basándose en la información específica aportada.							
<b>PROGRAMACIÓN</b>	Los elementos del modelo pueden ser utilizados para mostrar de forma ordenada su aparición en la construcción.							
<b>COORDINACIÓN</b>	Coordinación específica en cuanto tamaño, localización distancia mínima con respecto a otros elementos de modelo.							

Figura 29. LOD (Level Of Detail) 300


LOD 400								
	<p><b><u>Requisitos de contenido:</u></b></p> <p>El elemento de modelo se representa de manera gráfica como un elemento o conjunto de elementos específicos con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación específica. También contendrá información de fabricación, montaje e instalación. Esto significa que además de medir directamente sobre el modelo, el elemento contendrá todas las propiedades que lo definen como un elemento concreto. Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.</p>							
	<p><b>USOS AUTORIZADOS:</b></p> <table> <tr> <td><b>ANÁLISIS</b></td><td>Comportamiento del elemento utilizando los criterios reales establecidos para el elemento de modelo.</td></tr> <tr> <td><b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b></td><td>Basada en los costes reales del elemento.</td></tr> <tr> <td><b>PROGRAMACIÓN</b></td><td>Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas específicos de proyecto, incluyendo métodos y medios de construcción.</td></tr> <tr> <td><b>COORDINACIÓN</b></td><td>Coordinación específica en cuanto tamaño, localización y distancia mínima con otros elementos de modelo, incluyendo datos de fabricación, instalación y mantenimiento.</td></tr> </table>	<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios reales establecidos para el elemento de modelo.	<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	Basada en los costes reales del elemento.	<b>PROGRAMACIÓN</b>	Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas específicos de proyecto, incluyendo métodos y medios de construcción.	<b>COORDINACIÓN</b>
<b>ANÁLISIS</b>	Comportamiento del elemento utilizando los criterios reales establecidos para el elemento de modelo.							
<b>ESTIMACIÓN DE COSTE</b>	Basada en los costes reales del elemento.							
<b>PROGRAMACIÓN</b>	Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas específicos de proyecto, incluyendo métodos y medios de construcción.							
<b>COORDINACIÓN</b>	Coordinación específica en cuanto tamaño, localización y distancia mínima con otros elementos de modelo, incluyendo datos de fabricación, instalación y mantenimiento.							

Figura 30. LOD (Level Of Detail) 400

LOD 500	
	<p><b><u>Requisitos de contenido:</u></b></p> <p>El elemento del modelo estará verificado con respecto al construido en cuanto a tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación.</p> <p>Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.</p>

Figura 31. LOD (Level Of Detail) 500

Además de estos cinco niveles de desarrollo para elementos de modelo establecidos por el AIA, primero el documento E202TM - 2008 y posteriormente en el G202 TM - 2013, el grupo

de trabajo BIM Forum3, en el documento “Level of Development Specification” define un sexto nivel que se ubica entre el 300 y el 400, es el LOD 350.

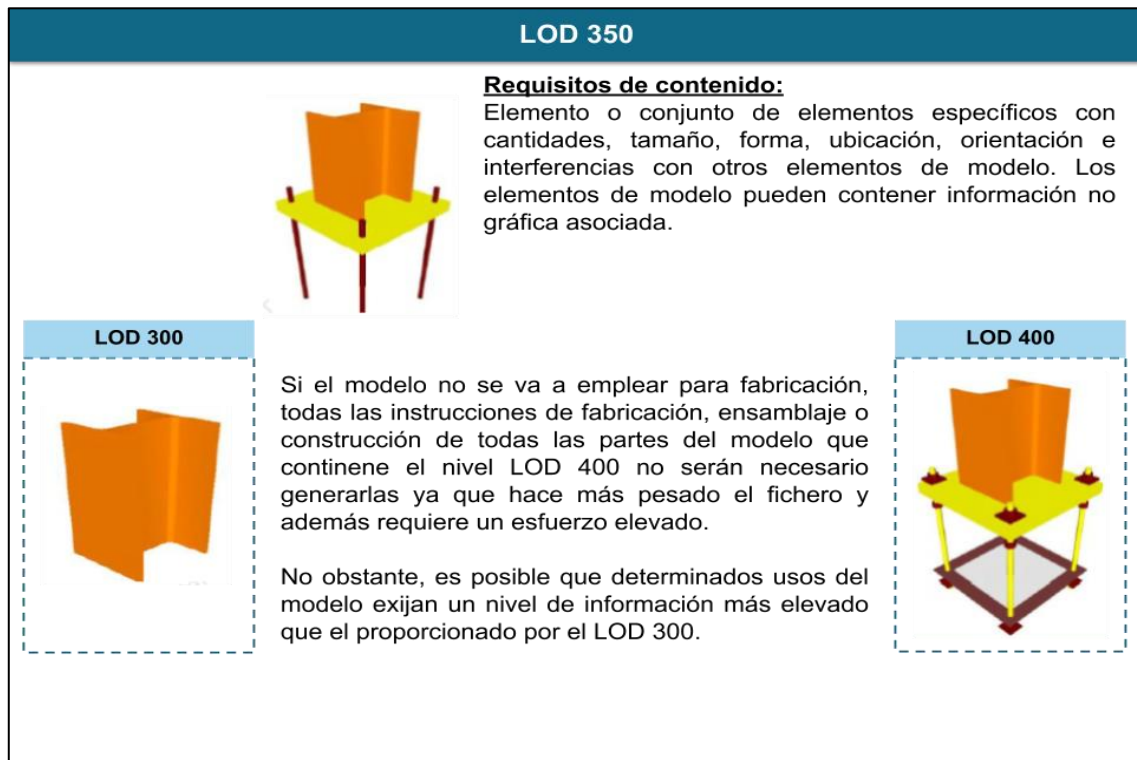


Figura 32. LOD (Level Of Detail) 350

### 3.15.1. Niveles de desarrollo por tipos de información

Dado que algunos Tipos de Información pueden ser requeridos en distintos Niveles de Información dependiendo de los objetivos del proyecto o el Estado de Avance de la Información de éste, en la siguiente tabla se especifican los distintos Niveles de Información que puede alcanzar cada uno de los Tipos de Información.



Tipos de Información	Niveles de Detalle (LOD)	TDI_A	TDI_B	TDI_C	TDI_D	TDI_E	TDI_F	TDI_G	TDI_H	TDI_I	TDI_J	TDI_K	TDI_L	TDI_M	TDI_N	TDI_O
	100	●	●	●	N/A	N/A	●	●	●	●	●	●	●	N/A	●	N/A
	200	●	●	●	●	N/A	●	●	●	*	●	●	●	N/A	●	N/A
	300	●	●	●	●	●	●	●	●	*	●	●	●	●	●	N/A
	350	●	●	●	●	●	●	●	●	*	●	*	●	●	●	N/A
	400	●	*	●	●	●	●	●	●	*	●	*	●	●	●	●
	500	*	*	●	●	●	●	●	●	*	●	*	●	*	●	●

Basada en PlanBIM Chile, en G202-2013 - Project Building Information Modeling Protocol Form de AIA, en el Level of

Figura 33. Niveles de Desarrollo por tipo de información

Fuente: PlanBIM (2019)

### 3.15.2. Niveles de desarrollo por estados de avance de la información de los modelos

En la siguiente tabla se muestran los LOD de Información mínimos que pueden tener las Entidades BIM para cada Estado de Avance de la Información de los Modelos.

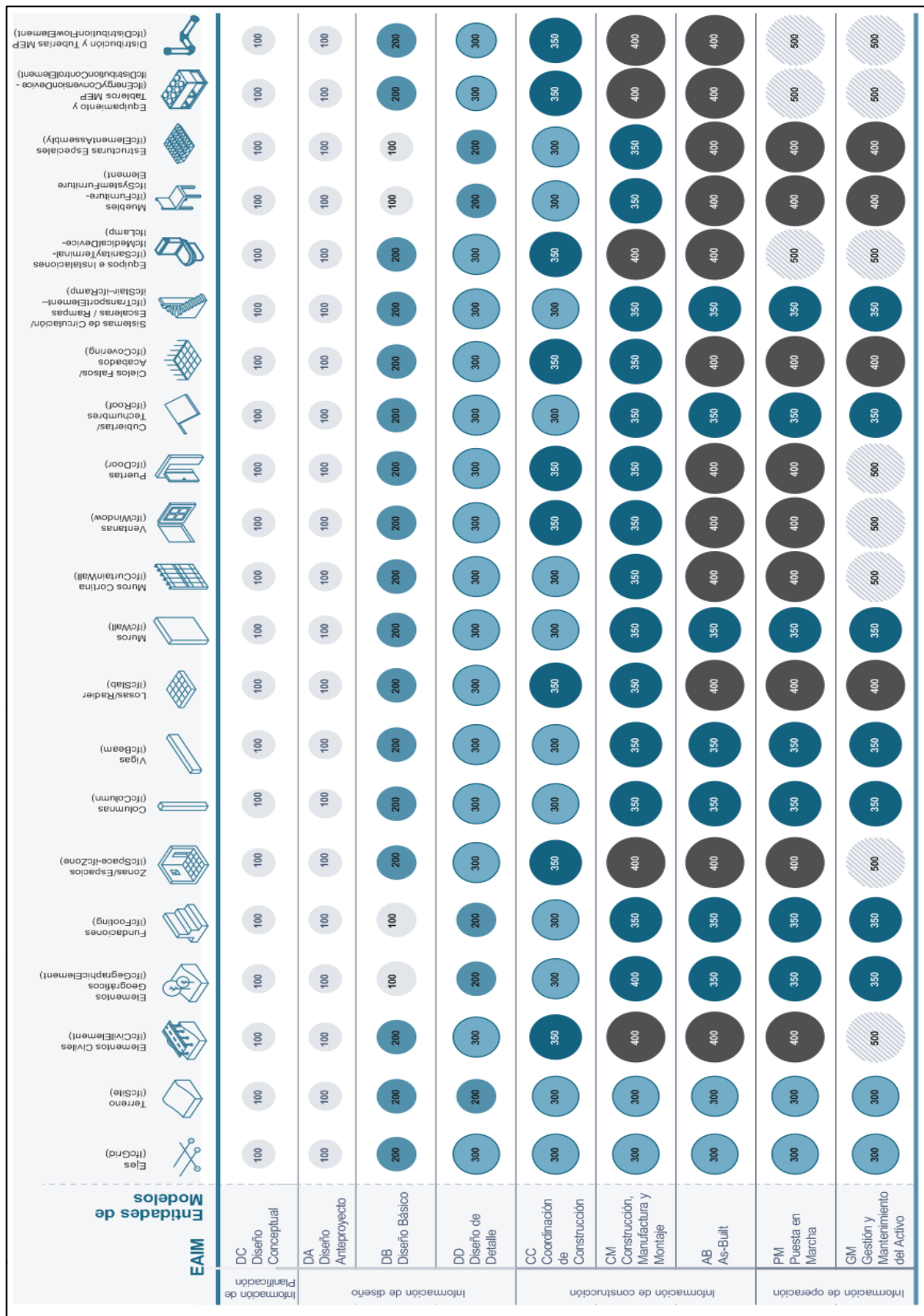


Figura 34. Niveles de Desarrollo por estados de avance de la información de los modelos  
Fuente: PlanBIM (2019)



### **3.16. Matriz de responsabilidades**

Para un proceso optimo se debe establecer claramente para cada entregable del proyecto cuáles son los intercambios de información definidos, con un responsable del entregable y un receptor de dicha información a un determinado LOD. Este proceso no solo permite organizar el proceso de desarrollo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, sino que también permite identificar inconsistencias en la información que va a ser generada o en los intercambios de la misma.

### **3.17. Criterios de funcionamiento**

### **3.18. Requisitos Mínimos BIM**

Dependerá del tipo de software seleccionado y habrá que prever la interoperabilidad que haremos con otros softwares BIM para aumentar la compatibilidad entre ellos y evitar contratiempos futuros. Por eso es muy importante una etapa de reflexión previa en la que se planifique todo el recorrido del modelo durante el ciclo de vida del proyecto con sus agentes intervinientes.

### **3.19. Programa de espacios categorización**

#### **3.19.1. Requisitos mínimos**

El programa de espacios debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- La superficie útil exigida para cada habitación o espacio, y si fuera necesario los requisitos de forma y tamaño.
- El uso y los usuarios de la habitación o espacio, y su conexión con otras habitaciones o espacios.
- Las necesidades de acondicionamiento, aislamiento acústico, iluminación, cargas, durabilidad, seguridad y calidad.
- Los requisitos para sistemas de climatización y ventilación, máquinas y equipos, espacios para mantenimiento y sus estructuras auxiliares.

#### **3.19.2. Códigos de espacio**

¿Por qué Códigos de espacios a nivel del proyecto?

Porque el centro del mundo del FM es el Edificio. El cliente y los agentes intervinientes deben sentirse cómodos con la clasificación de este proyecto, este caso y no otro.

Para que los estándares corporativos del promotor/cliente se pudieran incorporar, tendrían que ser proyectos exactamente iguales. No es el caso común, seguirá existiendo la necesidad de codificar cada edificio. Por tanto, no existe un escalón intermedio entre Códigos de Clasificación Internacionales y cada edificio.

Los códigos de espacio se aplican a los números de zona, ocupando sus dos últimos dígitos. (00).

Los códigos de espacio se usan para los fines:

- Identificar el tipo de espacio
- Identificar el uso del espacio
- Identificar el acondicionamiento y sus características 6D
- Ordenar los espacios en listados de superficies

Los códigos de espacio se ordenarán por ordenación personalizada

**Tabla 9**  
*Códigos de espacio personalizado*

ITEMS	DESCRIPCIÓN
01	Vestíbulo
02	Cocina
03	Salón Comedor
04	Pasillo
05	Dormitorio principal
06	Dormitorio 2
07	Dormitorio 3
08	Baño 1
09	Baño 2
10	Terraza
11	Tendedero
12	Trastero
13	Entrada
14	Área pública
15	Acceso ascensores
16	Vestíbulo de planta
17	Escaleras

**Tabla 9***Códigos de espacio personalizado (continuación)*

<b>ITEMS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
18	Cuarto de telecomunicaciones
19	Cuarto de instalaciones
20	Plaza de garaje
21	Garaje
22	Local comercial

Será requerida una tabla de equivalencias de códigos de espacios del proyecto con clasificaciones internacionales Omniclass ([www.omniclass.org](http://www.omniclass.org)) y Uniclass2 (<http://www.cpic.org.uk/uniclass2/>).

Se debe tener en cuenta que se trabaja con las siguientes tablas:

**Tabla 10***Equivalencias de espacios con Omniclass y Uniclass 2*

<b>N°</b>	<b>EDIFICACION</b>	<b>OMNICLASS</b>	<b>UNICLASS 2</b>
01	Vestíbulo	13-25 13 17	Sp_40_20_45
02	Cocina	13-65 23 00	Sp_40_20_45
03	Salón Comedor	13-57 13 15 11	Sp_45_10_49
04	Pasillo	13-25 11 11	Sp_90_10_15
05	Dormitorio principal	13-65 19 00	Sp_45_10_09
06	Dormitorio 2	13-65 19 00	Sp_45_10_09
07	Dormitorio 3	13-65 19 00	Sp_45_10_09
08	Baño 1	13-65 13 00	Sp_45_10_07
09	Baño 2	13-65 13 00	Sp_45_10_07
10	Terraza	13-69 21 00	Sp_45_10_94
11	Tendedero	13-65 17 00	Sp_45_10_13
12	Trastero	13-63 13 11	Sp_45_10_85
13	Entrada	13-25 13 11	Sp_90_10_51
14	Área pública	13-25 13 13	Sp_90_10_51
15	Acceso ascensores	13-25 13 19	Sp_90_10_51
16	Vestíbulo de planta	13-25 13 17	Sp_90_10_51
17	Escaleras	13-23 11 13	Sp_90_10_93

### 3.19.3. Tipologías y espacios utilidad de omniclass y uniclass

#### 3.19.3.1. Utilidad de Omniclass

Los sistemas de clasificación en BIM son la principal herramienta que permite organizar todos los elementos disponibles, en los modelos de información constructiva. Cada sistema analizado es parte de una implementación general que busca lograr un lenguaje global, para la organización de los elementos por su función, su localización dentro del entorno construido, etc. Se ha resaltado los niveles principales que le afectan, y que en general aportan cada uno de ellos 2 ítems o menos.

**Tabla 11**  
*Equivalencias de espacios con Omniclass*

OMNICLASS (FUNCIONES)	
<b>VIVIENDAS</b>	
Vivienda privada	13-65
Espacios públicos del Edificio	13-69
Espacios vacíos	13-13
Espacios de muros	13-15
Comunicaciones mecánicas	13-23
Espacios de circulación	13-25
<b>EDIFICIOS INSTITUCIONALES</b>	
Espacios educativos y entrenamiento	13-31
Espacios recreativos	13-33
Actividades artísticas	13-37
Museos	13-45
Espacios de culto	13-47
Entornos controlados	13-49
Hospitales y centros de salud	13-51
Laboratorios	13-53
Espacios Comerciales	13-55
Espacios sector servicios	13-57
Espacios de producción	13-59
Espacios de seguridad protectores	13-61
Espacios de almacenamiento	13-63

Para su uso óptimo se emplea la extensión “Classification Manager” <http://cort.as/-J0Q4>

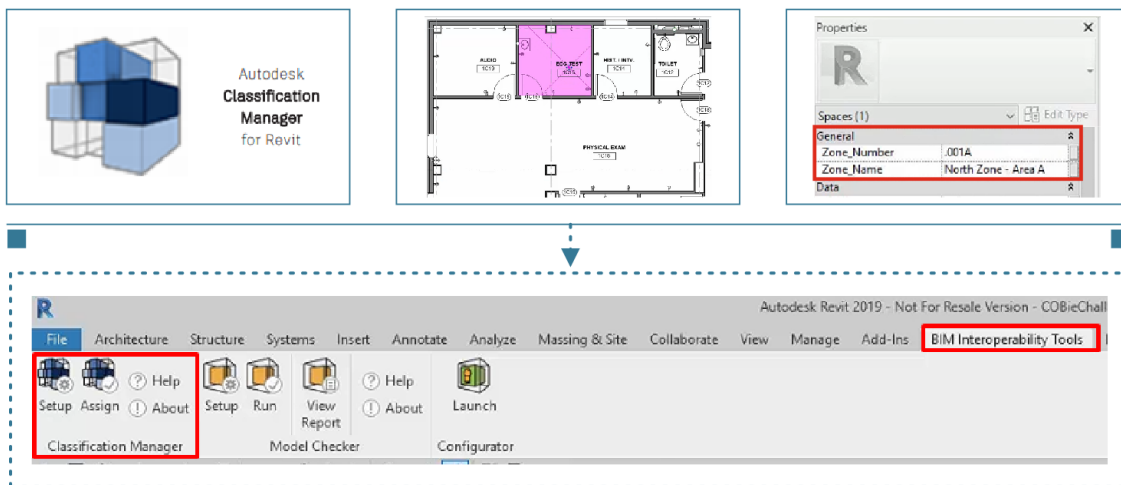


Figura 35. Extension classification manager

### 3.19.3.2. FODA Omniclass

#### 3.19.3.2.1. Fortalezas

- Numérico
- Legible
- Universalmente identificable

#### 3.19.3.2.2. Oportunidades

- Integrado en los entornos BIM
- Apoyado por US y Países Nórdicos

#### 3.19.3.2.3. Debilidades

- En inglés
- Extremadamente largo
- Extremadamente compartimentado
- En su mayoría, superfluo
- Búsqueda tediosa y sofisticada
- Quizá no ha sido concebido para ser aplicado a la práctica edificatoria
- No es concreto para el mercado AECO
- Orden aleatorio de la codificación
- No prioriza tipologías o conjuntos de espacios más relevantes o usados
- Precisa entrenamiento previo, ya que su uso precisa de comprensión del sistema

#### 3.19.3.2.4. Amenazas

- No tiene en cuenta las tipologías edificatorias
- Anticipación del Reino Unido a la obligatoriedad del BIM
- Uniclass inglés
- Fomentar la venta de documentos en papel
- No dispone de web con filtro de consulta
- Política de estado vs política de administraciones

#### 3.19.4. Normas para la numeración de series de espacios

Referente a criterios para nombrar espacios del mismo tipo, existen las posibilidades siguientes:

##### 3.19.4.1. El primer Espacio

Se toma aquel que se encuentra en la parte extremo NORESTE de la edificación tanto para zonas y espacios.

##### 3.19.4.2. El siguiente espacio

Se toma en sentido antihorario en torno a la edificación.

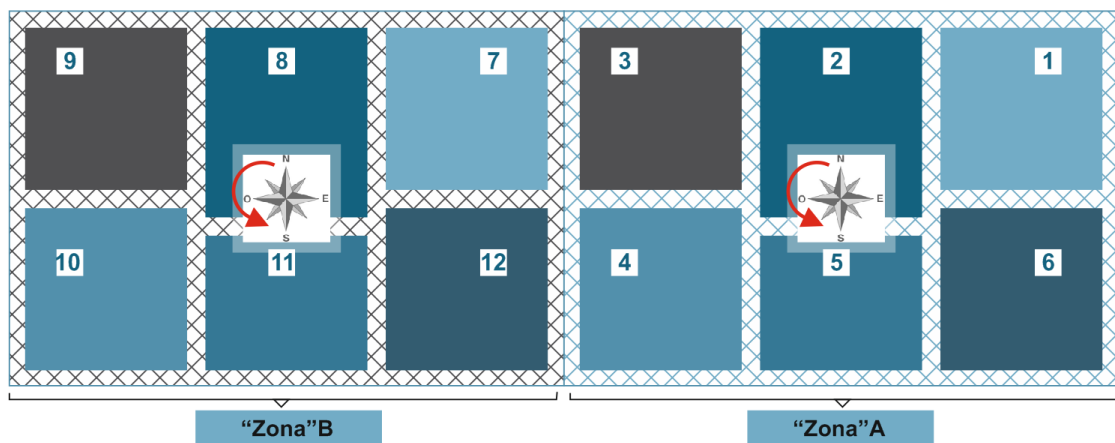


Figura 36. Enumeración de serie de espacios

Hacer uso de esquemas de colores en una vista de plano de planta, conjuntamente se puede hacer uso de tablas de planificación.

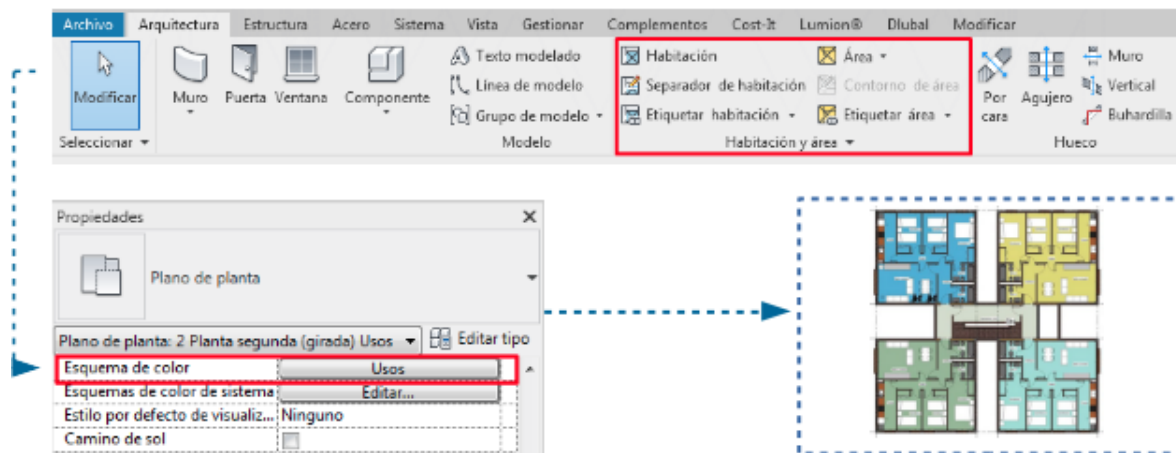


Figura 37. Esquema de color según serie de espacios

### 3.19.5. Categorización

Para la categorización adecuada de las relaciones funcionales del edificio se debe emplear las herramientas de habitación y área, para lo cual presentamos las diferencias más relevantes.

Habitación (Room):

- Solo cuantifica el área de un espacio cerrado como propiedad única y para fines propios de ese espacio.
- El nombre está más relacionado a la identificación del espacio mismo, que a su función o uso general.
- Te permite obtener y definir otras propiedades propias del espacio delimitado (acabados de superficies, altura para considerar cálculos, etc.)
- Poseen volumen y sus propiedades son reutilizadas por las herramientas de análisis (Espacios y Zonas), lo cual permitirá realizar cálculos mecánicos y energéticos.

Área:

- Cuantifica áreas individuales o de varios espacios con característica o usos similares (áreas sociales, áreas de circulación, áreas de servicios, área de edificio, etc.), con propósitos más generalizados y comunes (medir el área total de espacios con las mismas funciones o usos, etc.)
- El nombre está relacionado directamente con la función y uso general del espacio o de una agrupación de espacios.
- Te permite evaluar otras propiedades comunes (parcial o total de la edificación), como el área bruta, área útil o rentable.
- No poseen volumen, se limitan a la función de áreas.

Por ejemplo, la codificación y numeración debe ser como sigue, para cada Edificio “1”, cada planta “01”, las viviendas “A”, viviendas “B”, etc., así como que también se desaconseja el uso de números negativos.

		EDIFICIO		PLANTA		ZONA	
NOMBRE LARGO	Edificio 1	E1	Sotano 02		Vivienda A		
	Edificio 2		Sotano 01		Vivienda B		
	Edificio 3		Planta 01		Vivienda C		
	Edificio 4	Planta 02	Vivienda D				
	Edificio 5	Planta 03	Vivienda E				
NOMBRE CORTO	E 1	E3	S 02	P03	Viv A		
	E 2	E4	S 01	P02	Viv B		
	E 3		P 01	Viv C			
	E 4		P 02	Viv D			
	E 5		P 03	Viv E			

Figura 38. Codificación de edificio, planta y zona

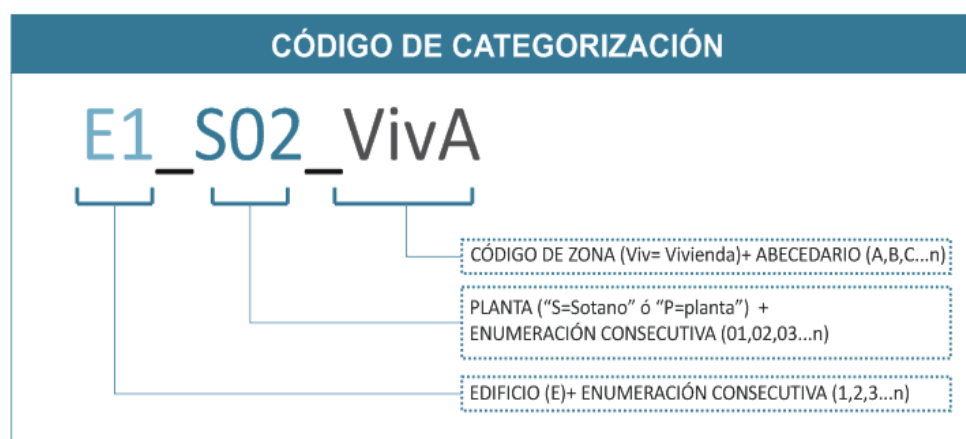


Figura 39. Categorización de código

Con respecto a los espacios la numeración será en sentido contrario a las agujas del reloj, como se señala en la norma para la numeración. El nombre debe ser completo conforme a su uso. Para el análisis energético se emplean las herramientas de espacios y zonas.

### 3.19.6. Leyendas de espacios

Las leyendas deben contener los siguientes datos: código de zona, datos de identidad de zona, uso, superficie, volumen y aforo máximo

Información exigida para casos excepcionales (situaciones de riesgo en caso de incendio, atrapamiento, falta de iluminación, exposición de productos peligrosos y nocivos, etc.)







de usar diversas bases de datos, habrá que recodificar los códigos seguramente. Esperemos que en un futuro próximo se establezca un estándar. Así mismo para introducir el código a cada material se realizará con la extensión “Classification Manager” o manualmente en el apartado de “Nota clave”.

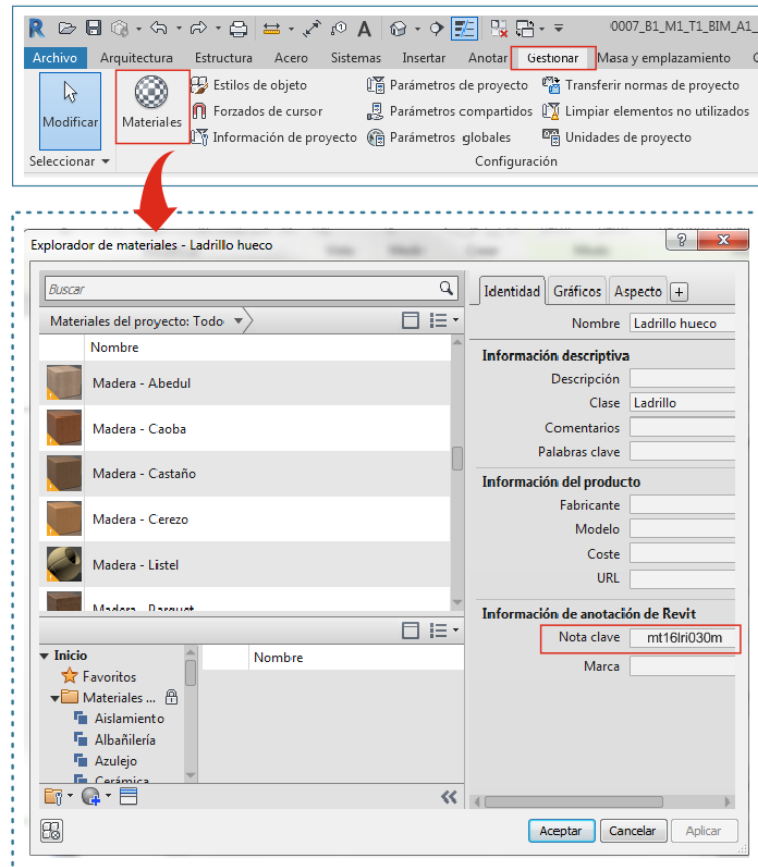


Figura 43. Clasificación de materiales según su nota clave

### 3.21.3. Materiales del proyecto

Lista de materiales propuestos en plantilla del proyecto, con Nombre, código y descripción.

El BIM MANAGER puede requerir un análisis de las últimas 10-20 mediciones de proyectos a las organizaciones del equipo del proyecto, con el fin de establecer el contexto tecnológico y de mercado de la construcción local.

Ejemplo de Materiales

**Tabla 12***Clasificación de materiales según generador de Cype*

<b>MATERIAL</b>	<b>NOTA CLAVE MATERIAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Ladrillo	mt04lsc010b	Ladrillo cerámico hueco doble, para revestir, 24x11x7 cm, según UNE-EN 771-1
Ladrillo Perforado	mt05plt010dbg	Ladrillo cerámico cara vista perforado clinker, color Salmón, acabado liso, 24x11,3x5,2 cm, según UNE-EN 771-1.
Moldura Pretilos Hormigón Blanco	mt20ahp010j	Albardilla prefabricada de hormigón de color blanco, para cubrición de muros, en piezas de 50x20x5 cm, con goterón y anclaje metálico de acero inoxidable.
Mortero	mt09mor010c	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m <sup>3</sup> de cemento y una proporción en volumen 1/6.
Piedra Granito Fachada	mt18bgn010fz	Placa de granito nacional, Blanco Cristal, 60x40x3 cm, acabado pulido, según UNE-EN 1469.

### 3.21.4. Prioridades de intersección automática

Para un proyecto “x” habrá que aportar un listado de prioridades en los elementos compuestos, recordando siempre de dar mayor prioridad a los elementos que sean portantes. Uno de los problemas frecuentes es la intersección de pilares y vigas estructurales con muros que afecta en su cuantificación. Veamos un ejemplo: los tres muros tienen longitud 1.00m, altura 1.00m y anchura 0.10 m.

- El primer muro sirve de prueba: área 1 m<sup>2</sup> y volumen 1 m<sup>3</sup>, como es de esperar.
- El segundo muro interseca un pilar que no está unido a él, la cuantificación no cambia.
- El tercer muro interseca un pilar unido a él, en la cuantificación se descuenta lo que ocupa el pilar.

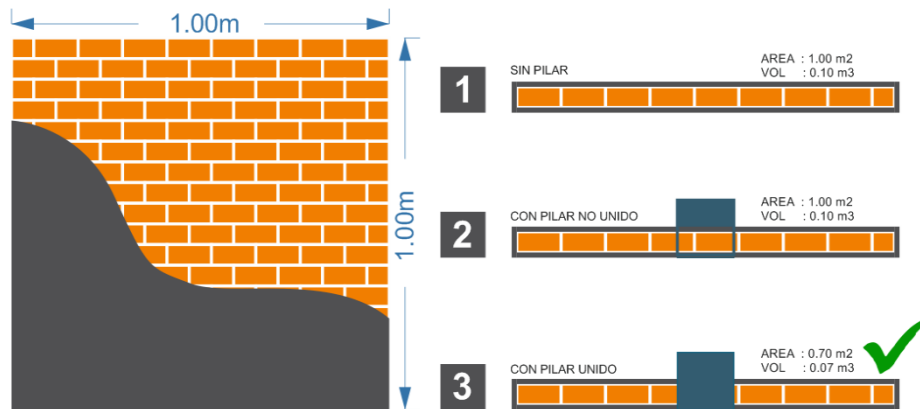


Figura 44. Demostración de la forma de asignación de pilar y muro

Para agilizar el modelado de intersección en caso de columnas y vigas se plantea usar el script de Dynamo unir elementos de categorías (<https://dominadynamo.com/utilidades/>)

### 3.21.5. Compuestos de elementos constructivos muros, forjados, cubiertas y formas constructivas

Seleccionar el elemento a modificar y en el cuadro de propiedades, elegir en el selector de tipos, editar tipo, seguidamente parámetro de construcción y finalmente estructura.

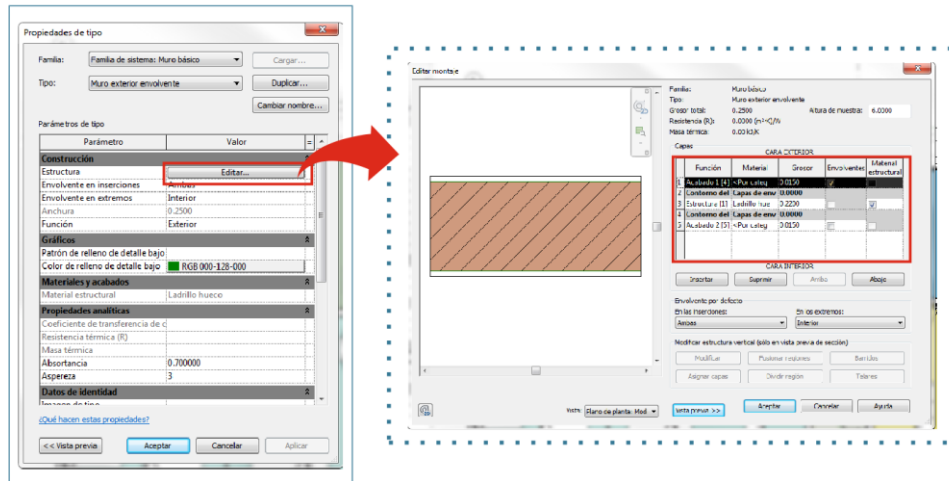


Figura 45. Editor de estructura para diferentes tipos de muros

## 3.22. Identificadores y formato

### 3.22.1. Criterios generales

Tipo y marca de tipo es el parámetro por defecto para identificar los elementos modelados

Todos los elementos son reconocibles fácilmente a través de su tipo para cualquier profesional de la edificación.

En Revit tenemos la "Nota Clave" en los parámetros "Datos de identidad" del objeto, para una clasificación del elemento a nivel de tipo de familia, posteriormente podemos identificarle con "Marca de tipo" para darle otro código alternativo. El campo "Marca" del cuadro de propiedades funciona como un parámetro de ejemplar, y con algunos elementos los va enumerando sucesivamente (en el caso de los muros existe, pero no va enumerando sucesivamente por defecto, como lo hace por ejemplo con sanitarios)

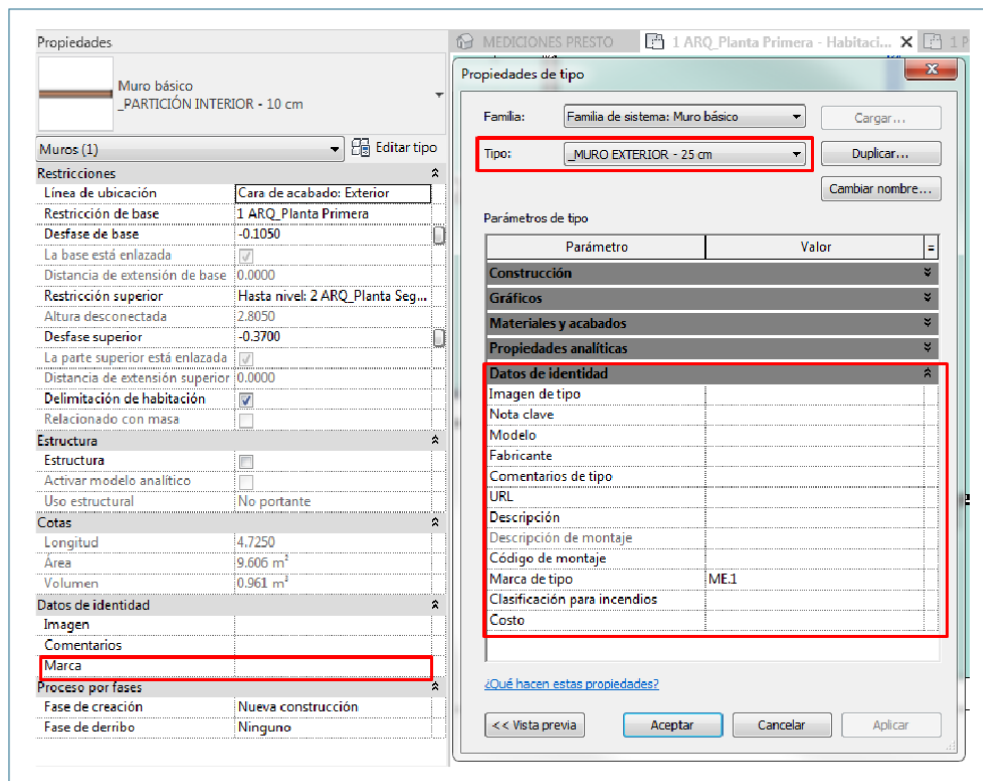


Figura 46. Revit, identificador de elemento

Todos los elementos tienen, en algún momento del ciclo de vida de diseño, un Identificador único. No se permiten acento y caracteres especiales diferentes de los indicados en separadores.

En el ciclo de vida, en la fase de Diseño conceptual, se puede usar un Marca tipo por cada tipo de elemento. Por ejemplo, ME.01, ME.02 para muros exteriores

Sin embargo, en la fase de Diseño Detallado, los marca tipo deben identificar a cada elemento de modo único. ME.1 no es válido, sería válido cualquiera que sea único para cada elemento con un prefijo delante, por ejemplo, ME.01-001

Ejemplo de mueble de cocina

**Tabla 13***Nomenclaturas según etapas del proyecto*

LC (Ciclo de vida)	DE (Diseño Esquemático)	DD (Diseño Detallado)	CO (Construcción)	AB (As Built)
Marca tipo	Mc	mc.06	mc.06-001	mc.06-001

**3.22.2. Criterios de codificación**

Primero se debe colocar la abreviación del elemento u objeto. Los números al final permiten que la numeración sea incremental. Siempre 2 dígitos 00 si la cantidad puede ser mayor que 9 y no superará los 99, y así sucesivamente.



Figura 47. Criterio de codificación de elementos

**3.22.3. Longitud del id**

IfcLabel está limitado a 255 caracteres. La longitud del ID estará limitada por las limitaciones del sistema BIM

**Tabla 14***Longitud de ID, sistema BIM*

Sistema BIM	Longitud máxima ID
IFC	255
Revit	Desconocido, pero mayor a 255.

NOTA: No obstante, sería conveniente no sobrepasar los 255, y a poder ser, según el más restringido de los sistemas, para aumentar la interoperabilidad entre softwares.

### 3.22.4. Distinción mayúsculas-minúsculas y separador

No se permite códigos iguales, se puede distinguir por MAYÚSCULAS-minúsculas, por lo tanto, se debe tener en consideración lo siguiente: las búsquedas en los sistemas de bases de datos, en general, no son sensibles al caso. En el archivo IFC, no se puede garantizar que el programa de destino sea sensible a mayúsculas minúsculas, esto se tiene que tener en cuenta principalmente en la interoperabilidad. Para el caso de separadores será punto, guion medio y guion bajo, en ese orden, por ejemplo, el tipo para pilares debe ser: PI.01\_30X30 cm.

### 3.23. Tipos de elementos no estructurales e identificadores

Se consideran como no estructurales los elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación. Son aquellos componentes que pueden o no estar unidos a las partes estructurales como -tabiques, ventanas, puertas, cerramientos, falsos techos etc., los sistemas vitales que permiten el desarrollo de las funciones -redes eléctricas, hidráulicas, de evacuación de residuales, los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, etc., y los contenidos del edificio -equipos médicos y de laboratorio, equipos de oficina y mobiliario, etc.



Figura 48. Elementos no estructurales

Parámetro obligatorio. En el apartado estructura debe de estar sin activar como se muestra en la figura siguiente.



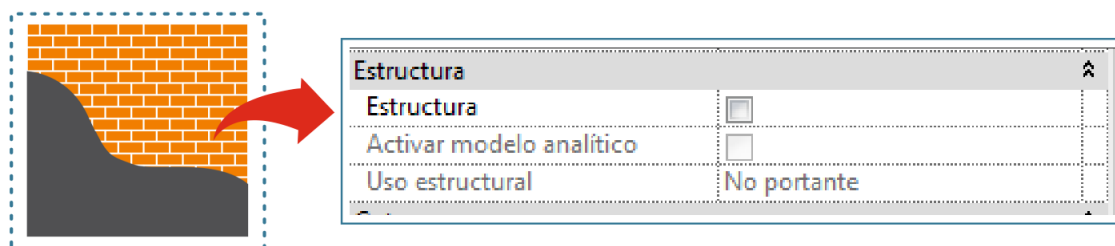


Figura 49. Configuración y activación parámetro estructura.

### 3.23.1. Muros

**Tabla 15**

*Tipos y codificación de muros*

CODIGO	TIPO DE MURO
ME	Muros exteriores
MD	Muros divisorios (público-privado)
MC	Muros comunes
MI	Muros interiores
MArm	Muros Armario

Para generar muros en Revit se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, construir y muro.



Figura 50. Revit muro

### 3.23.2. Puertas

La estructura del prefijo a usar para las puertas será Letra.Número, por ejemplo: P.01. Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, construir y puerta.

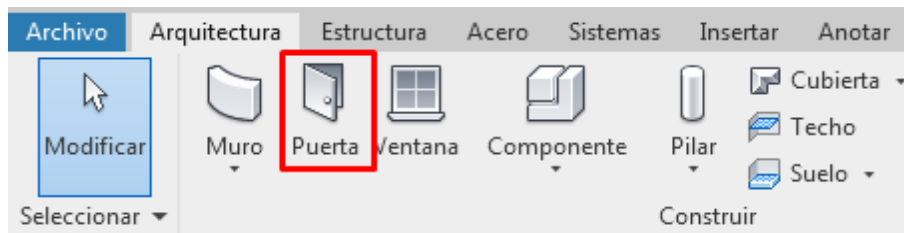


Figura 51. Revit puerta

### 3.23.3. Ventanas

La estructura del prefijo a usar para las ventanas será Letra.Numero, por ejemplo: V.01. Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, construir y ventana.

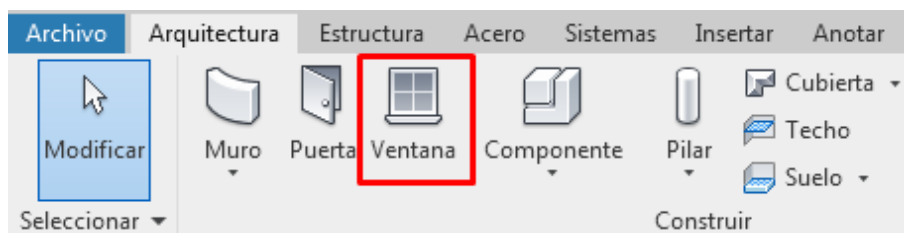


Figura 52. Revit ventana

### 3.23.4. Componentes

La estructura del prefijo a usar para los componentes será Letra.Numero, por ejemplo: C.01. Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, construir, componente y colocar un componente o modelar in situ.

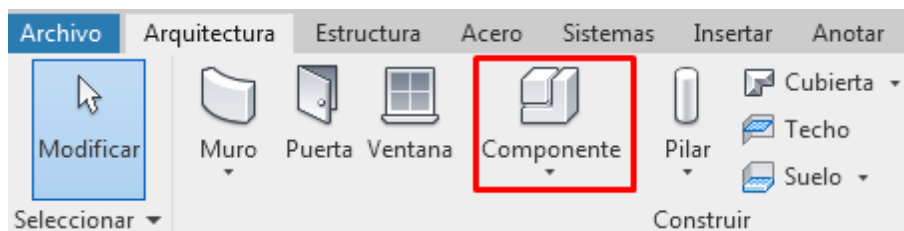


Figura 53. Revit componente

### 3.23.5. Mobiliario en general

Solamente se exige uniformidad y homogeneidad. No se especifica criterio

Marca tipo: mc + separador + 2 dígitos

### 3.23.6. Escaleras

La estructura del prefijo a usar para los componentes será Letra.Numero, por ejemplo: ESC.01. Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, circulación y escalera.

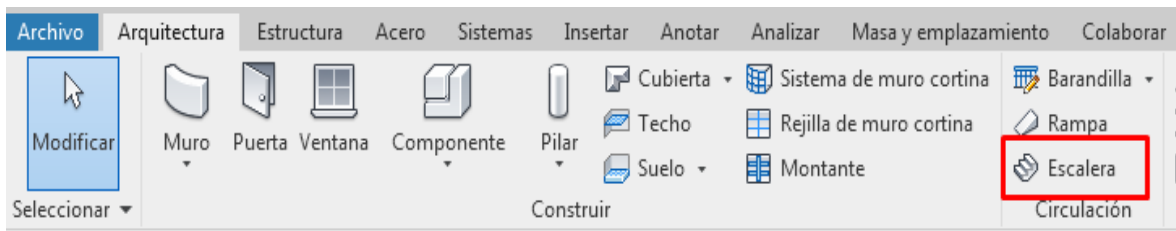


Figura 54. Revit escalera

### 3.23.7. Suelos

#### 3.23.7.1. Marca tipo exterior e interior

Única Opción: Tipo diferente exterior-interior

#### 3.23.7.2. Marca tipo Pavimento

Única Opción: Marca tipo y número de código de espacio

Para generar un suelo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura, construir y suelo.



Figura 55. Revit suelo

### 3.24. Tipos de elementos estructurales

Son aquellos componentes que soportan la construcción. Estas tendrán su codificación de identificación como también códigos de color que representen las distintas partes utilizadas en el modelado del edificio.

**Tabla 16***Elementos estructurales y su codificación recomendada*

<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SU CODIFICACIÓN RECOMENDADA</b>		<b>Código de Color</b>
PI.01	Pilares	#ff0000
VI.01	Vigas	#8e7cc3
CUB.01	Cubiertas	#d5a6bd
FOR.01	Losa	#134f5c
MUR.01	Muro estructural	#45818e
ZAP.01	Zapata aislada	#b7b7b7
CIM.01	Tipos estructurales de cimentación	#00ffff

### 3.24.1. Pilares

#### 3.24.1.1. Definición de secciones y plantas

Las estructuras se modelan como elementos del edificio. Por ejemplo, una columna de dos plantas de altura se modela como un elemento que atraviesa los forjados.

El modelo estructural se divide en niveles de manera que cada uno incluya los pilares, muros portantes y el forjado correspondiente al nivel soportado por dichos elementos verticales.

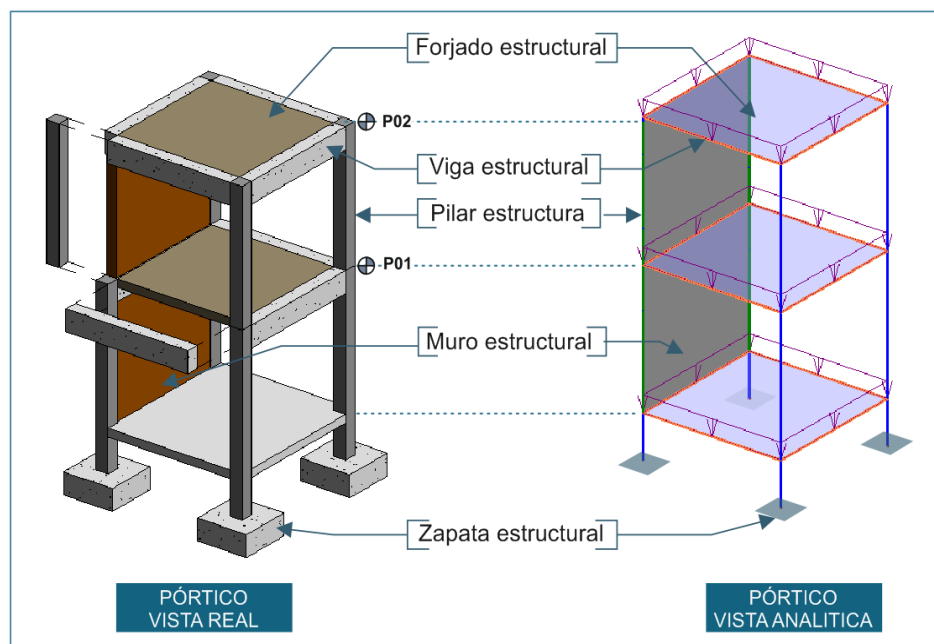


Figura 56. Elementos definición de pórticos

El formato de marca tipo para pilares es PI.01. P. como prefijo. Y podrá contener una sola cifra. (PI.01 y PI.10). Así mismo tener en cuenta que en la marca tipo la enumeración obedece a la sección del pilar, o sea, si el pilar es 30 cm x 30 cm será PI.01 conforme esta aumenta su sección la enumeración varía.

En general se usará el orden de los pórticos, según el sentido de la rejilla. Es decir, si la rejilla es numérica entonces será Pórtico 1, P.1, P.2, P.3, y si es Pórtico alfanumérico será pórtico A P.B, P.C. En el caso de forjados bidireccionales, se tenderá a usar el mismo criterio.

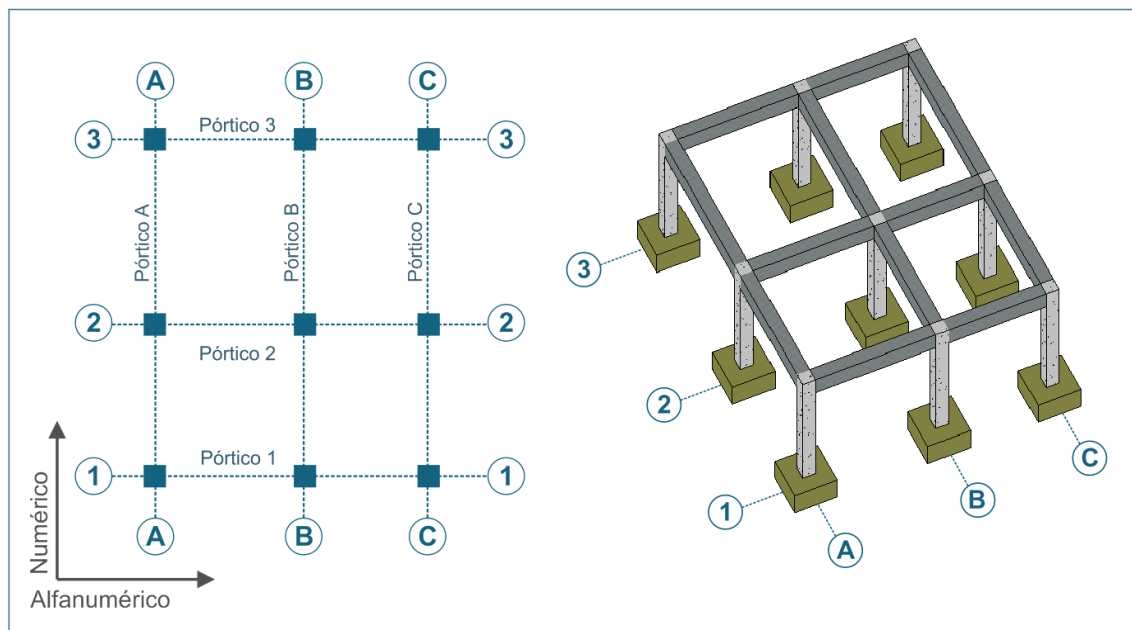


Figura 57. Pórticos y rejillas

El Pilar se modelará por cada nivel, en la fase de diseño conceptual. El Arquitecto entrega este elemento, que, tras la interoperabilidad con el ingeniero de estructuras, facilite y agilice para el análisis y diseño estructural, pero conserva su marca tipo a lo largo de todo el ciclo de vida.

Su marca tipo no necesariamente tiene que coincidir con el tipo, código de montaje; pero al igual que este, debe ser único en todo el proyecto.

### 3.24.1.2. Etiquetas de pilares

Los pilares se indican en planos de estructuras mediante etiquetas vinculadas del apartado marca tipo, además la posición de la etiqueta no tapaná ninguna representación relevante. Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú estructura, estructura y pilar.

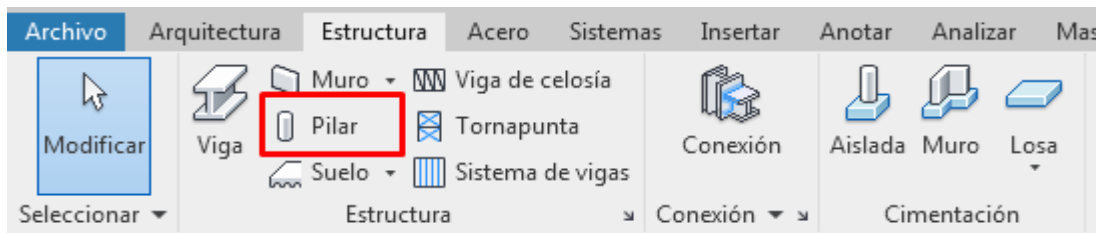


Figura 58. Revit columna

### 3.24.2. Vigas

Asociaremos en este apartado:

- Vigas
- Etiquetas de vigas

Se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las vigas se indicarán en planos de estructuras mediante etiquetas vinculadas
- La etiqueta indicará, como mínimo, el texto con el marca tipo y las dimensiones de la viga BxH en el apartado tipo.
- La posición por defecto será Medio Centro MD
- La posición de la etiqueta no tapará ninguna representación relevante

Para generarlo se realiza mediante la siguiente ruta: menú arquitectura.

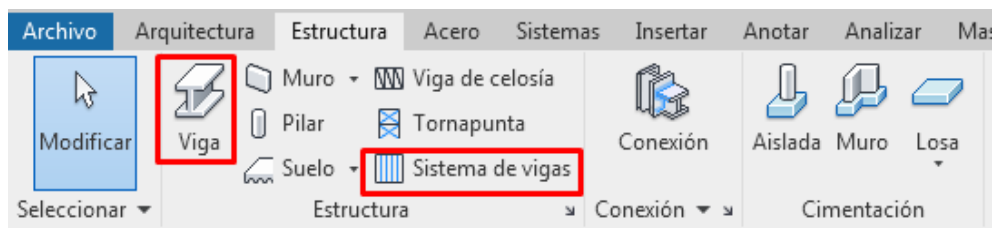


Figura 59. Revit vigas

### 3.24.3. Muros estructurales

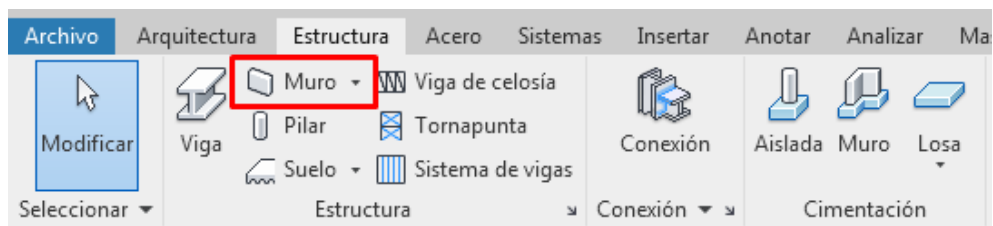


Figura 60. Revit muro de contención

### 3.24.4. Losas

Se dividen en 2 tipos, losa de entrepiso y losa de cimentación. Para generar el caso de entrepiso se realiza mediante la siguiente ruta: menú estructura, estructura y suelo estructural; para el caso de cimentación: menú estructura, cimentación y losa.

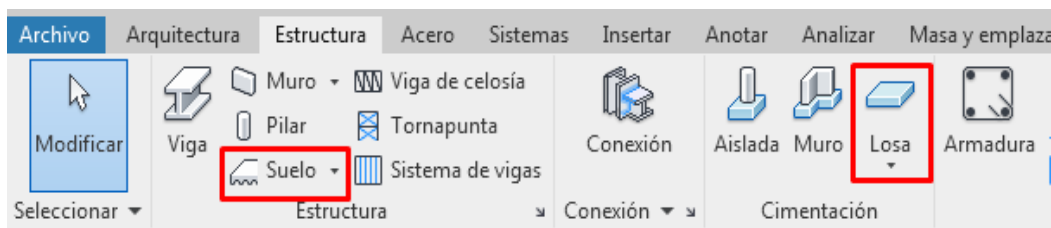


Figura 61. Revit losa

### 3.24.5. Cubiertas

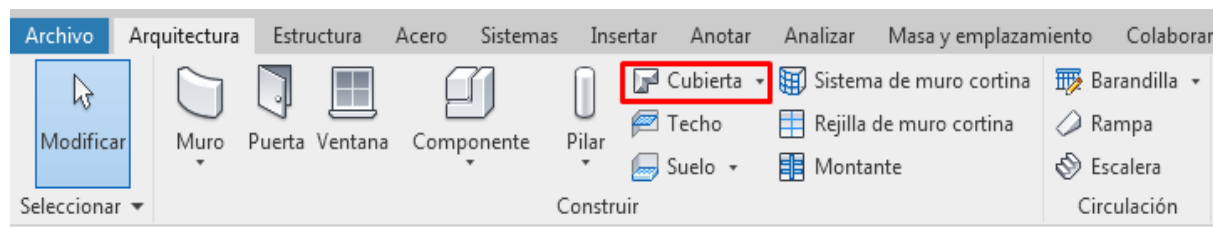


Figura 62. Revit cubierta

### 3.24.6. Cimentaciones

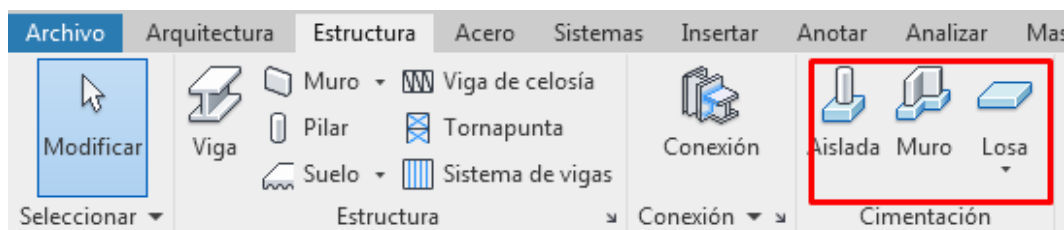


Figura 63. Revit cimentación

## 3.25. Tipos de elementos MEP e identificadores

Referentes a los elementos de las disciplinas de Mecánica, Electricidad y Fontanería.

En función de la fase del ciclo de vida y del perfil de modelador, el modelado de los elementos MEP

### 3.25.1. Criterios generales para marca tipo de sistemas MEP

Sistemas MEP

- Inicial del sistema (M mecánica, E electricidad, P fontanería) como prefijo del tipo

Recorridos, circuitos o ramales MEP

- Se tomará en cuenta las alternativas en el grupo de proyecto con el MEP Engineer.

### 3.25.2. Equipamientos MEP mecánica conductos

- Conductos
- Terminales y difusores

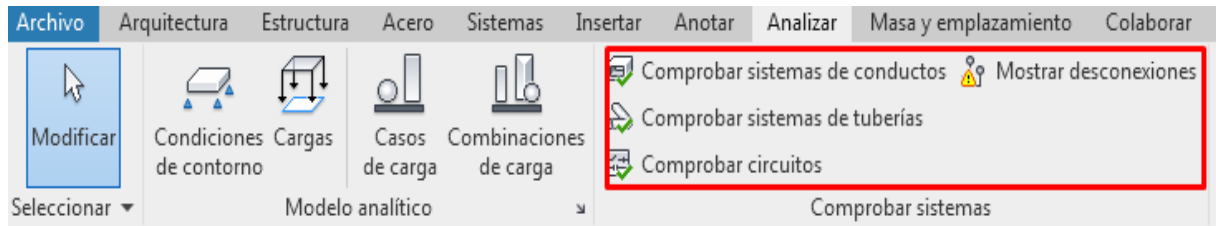


Figura 64. Revit equipamientos MEP mecánica conductos

### 3.25.3. Equipamientos MEP eléctricos

- Pulsadores
- Tomas de fuerza
- Distribuidores
- Cajas generales
- Acometidas



Figura 65. Revit equipamientos MEP eléctricos

### 3.25.4. Lámparas

- El Identificador agrupará por circuito
- El Identificador permitirá al modelado de diseño identificar agrupaciones funcionales, incluso en varios niveles anidados (varios grupos activados por un único pulsador)
- La pertenencia de lámparas a Áreas/zonas con Categoría de zonas/Espacios/Áreas funcionales garantiza una consulta eficaz en el sistema BIM



- Para garantizar la consulta externa IFC, se incorporará el código de vivienda, Ver apartado LdE Organización Plantas
- Las instalaciones MEP se separarán, como mínimo, por cada edificio



Figura 66. Revit lámparas

### 3.26. Tipos de elementos e identificadores

Referente a elementos que se crean a consecuencia del diseño, elementos que contienen o relacionan a otros o que permiten y soportan la construcción durante el ciclo de vida.

#### 3.26.1. Zonas

Un espacio o una habitación es la unidad básica de planificación y muchos elementos de construcción están enlazados de una u otra forma a ese espacio o habitación. El identificador del espacio es la propiedad más importante junto con la función de ese espacio. La superficie, que puede ser calculada desde la geometría, y otros muchos datos, pueden transferirse a una base de datos siempre y cuando los espacios estén bien identificados. La información más importante enlazada a un espacio o habitación es:

- Identificación del espacio, también llamada nº de habitación, aunque pueden usarse letras y caracteres especiales. Es obligado que cada habitación tenga un identificador.
- Función. Este atributo describe el uso de la habitación o del espacio. Es necesario localizar un estándar de nomenclaturas.
- Nombre del espacio: un nombre descriptivo del espacio.
- Ubicación: número, código o similar que indique la situación o localización de la habitación.

#### 3.26.2. Acabados asociados a zonas

##### 3.26.2.1. Acabados de muros

Se establece el material que cuantificara los siguientes elementos anidados:

- Acabado paredes (recordar que un muro puede poseer a la vista una cara, dos o incluso tres si queda al aire su coronación)
- Acabado superior (si se ha diseñado)
- Acabado inferior (si se ha diseñado)
- Moldura superior
- Moldura intermedia
- Rodapié

#### **3.26.2.2. Acabados de suelos**

Se siguen las mismas indicaciones que recercidos o pavimentos, forjados usados para representar el pavimento sobre el forjado estructural

#### **3.26.2.3. Acabados de techos**

Se siguen las mismas indicaciones de falsos techos

#### **3.26.3. Elementos auxiliares**

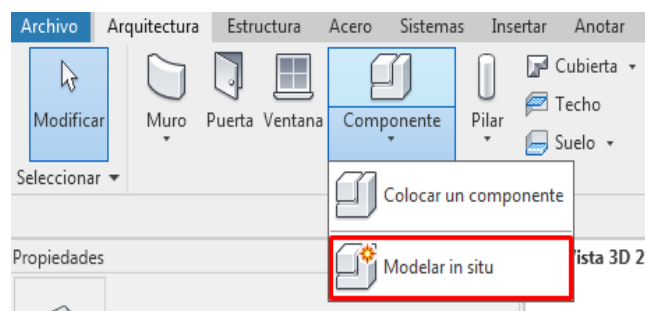


Figura 67. Revit elementos auxiliares

#### **3.27. Lista de identificadores de tipos de elementos del proyecto**

La lista de Identificadores de tipos de elementos es una recopilación de cada una de las secciones anteriores. Es la lista generada por las decisiones adoptadas, y tiene dos funciones:

- A.- Facilitar la información a todos los agentes intervinientes
- B.- Verificar que el conjunto de criterios sea homogéneo

Esta lista es publicada como documento, y figura disponible en la carpeta del proyecto.

En la lista figura el primer marca tipo de la serie. Ejemplo de Lista de identificadores de elementos.

**Tabla 17***Elementos no estructurales***ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

ME.1	Muros exteriores
MM.1	Muros medianeros
MC.1	Muros comunes
MD.1	Muros divisorios
MI.1	Muros interiores
MArm.1	Muros de armario
P.1	Puertas interiores
PE.1	Puertas exteriores
PArm.1	Puertas Armario
V.1	Ventanas
ACA.01	Acabado de paredes
PAV.01	Pavimento o Recrecido
FT.01	Falso techo

**Tabla 18***Elementos estructurales***ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

PI.01	Pilares
VI.01	Vigas
CUB.01	Cubiertas
FOR.01	Forjados
MUR.01	Muro estructural
MUC.01	Muro de contención
ZAP.01	Zapata aislada
CIM.01	Tipos estructurales de cimentación

**Tabla 19***Sistemas MEP: tuberías***SISTEMAS – MEP TUBERÍAS**

WC.01	Equipamiento MEP Inodoros
LA.01	Equipamiento MEP Inodoros
BA.01	Equipamiento MEP Bañera
BI.01	Equipamiento MEP Bidet
DU.01	Equipamiento Ducha
FR.01	Equipamiento Fregadero
NE.01	Objeto Nevera/congelador
PL.01	Equipamiento Panel solar fotovoltaico
CO.01	Equipamiento Colector solar
SI.01	Equipamiento Sistemas contra incendios
EXT.01	Objeto Extintor

**Tabla 20***Sistemas MEP: conductos***SISTEMAS – MEP CONDUCTOS**

TER.01	Terminal MEP
AC.01	Equipamiento Aire Acondicionado
CAL.01	Equipamiento Calefacción
VEN.01	Equipamiento Ventilación
EXTR.01	Equipamiento Extractor

**Tabla 21***Mobiliario.***MOBILIARIO**

moc.01	Mueble de cocina
mob.01	Mobiliario en general
mdor.01	Mobiliario dormitorio
mam.01	Mampara baño
mloc.01	Mobiliario local comercial
eloc.01	Equipamientos para local comercial
se.01	Señalización

**Tabla 22***Sistemas MEP: electricidad y comunicaciones.***SISTEMAS – MEP ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES**

INT.01	Interruptor de iluminación
DET.01	Detector de presencia
FUE.01	Toma de corriente de fuerza
LAM.01	Punto de luz
CIR.01	Conductos Circuito 1
CGP.01	Cuadro general de protección
TEL.01	Toma de televisión
TV.01	Toma de tv
WIF.01	Punto wifi
DET.01	Detector de presencia
NET.01	Toma de red Internet
EN.01	EQUIPAMIENTO Encimera

**3.28. Tiempo de modelado****3.28.1. Metodología BIM**

Modelar bajo metodología BIM implica que el modelo que se vaya a generar no es simplemente una representación virtual de una estructura, si no que sirva como base de datos que se vayan a utilizar de acuerdo a las necesidades o usos, los cuales se considerarán de acuerdo al acápite 3.28.3, por lo cual se utilizan protocolos, para poder satisfacer estas necesidades. Se va a incluir la información necesaria para poder realizar un análisis, esto creando y configurando las propiedades de cada tipo de elemento estructural que se necesite definir. Dentro de las propiedades del material lo que se necesita son las propiedades físicas en las cuales se encuentra el módulo de Young, módulo de corte, densidad, coeficiente de Poisson, coeficiente de expansión térmica, resistencia del concreto y el nombre del material.

Se tiene que modelar teniendo en consideración la manera en cómo se construiría, es decir, las columnas no pueden modelarse desde la base hasta el último nivel, se tiene que modelar por niveles considerando los desfases necesarios para dejar suficiente espacio para el modelado de las vigas. Al momento de modelar las losas, indicar la jerarquía para unirlos con las vigas, vigas sobre losas. Los niveles tienen que estar bien definidos y enumerados desde la base hasta el último nivel.

### **3.28.2. Método tradicional**

En la metodología tradicional el modelado se realizará directamente en el software estructural, ya que no se realiza un modelo previo que sirva como base de datos para posteriores usos, como se practica en la metodología BIM.

### **3.28.3. Consideración**

Para realizar el modelado y posterior análisis se va a considerar que el especialista en estructuras busca analizar la estructura del proyecto en el que está involucrado y realizar posteriormente el diseño de cada elemento estructural, esto con el fin de proporcionar o generar los planos y cómputos de cantidades de materiales con los cuales se pueda suministrar toda la información necesaria para ejecutar la parte estructural del proyecto.

## **3.29. Análisis estructural**

### **3.29.1. Metodología BIM**

Con la metodología BIM el proceso de modelado se realiza automáticamente, ya que se extrae la información del modelo central que se realiza en Revit, para utilizarla en el software estructural receptor. Los resultados que se extraerán del software estructural serán: periodo de vibración, porcentaje de masas participativas, desplazamientos y fuerza axial de un elemento estructural, todo esto a partir de un análisis estático y dinámico.

### **3.29.2. Método tradicional**

En el método tradicional se realizará el modelado manualmente, como normalmente se suele realiza. Los resultados que se extraerán del software estructural serán: periodo de vibración, porcentaje de masas participativas, desplazamientos y fuerza axial de un elemento estructural, todo esto a partir de un análisis estático y dinámico.

### **3.29.3. Edificación a modelar**

Para realizar las pruebas de modelado y análisis estructural que se propone en el presente trabajo de investigación, se utilizarán varios ejemplares de estructuras para poder registrar diversas pruebas, adicionalmente estos tienen que contar con el predimensionamiento y metrado de cargas, ya que la presente tesis no pretende o no corresponde realizar o mostrar el proceso de predimensionamiento o el metrado de cargas. Para esto se plantea el uso de los proyectos que se elaboró en la tesis de Ticona (2019) en el cual genera edificios en forma cuadrada y rectangular en diferentes niveles y a su vez al aumentar niveles la configuración estructural varía aumentando elementos estructurales o las dimensiones de estos.

3.29.4. Información del edificio

3.29.4.1. Edificio forma cuadrada

3.29.4.1.1. Características

Tabla 23  
Características del modelo cuadrado

CONDICIÓN	UNIDAD	MAGNITUD
Área	m	Ancho: 12
		Largo: 12
Resistencia del concreto	Kg/cm2	210
Altura de entrepiso	m	2.52
Altura 1er piso	m	2.88
Carga muerta entrepiso	Kg/cm2	310
Carga muerta techo	Kg/cm2	100
Carga viva entrepiso	Kg/cm2	200
Carga viva techo	Kg/cm2	100

Nota: Fuente: Ticona (2019)

3.29.4.1.2. Estructuración

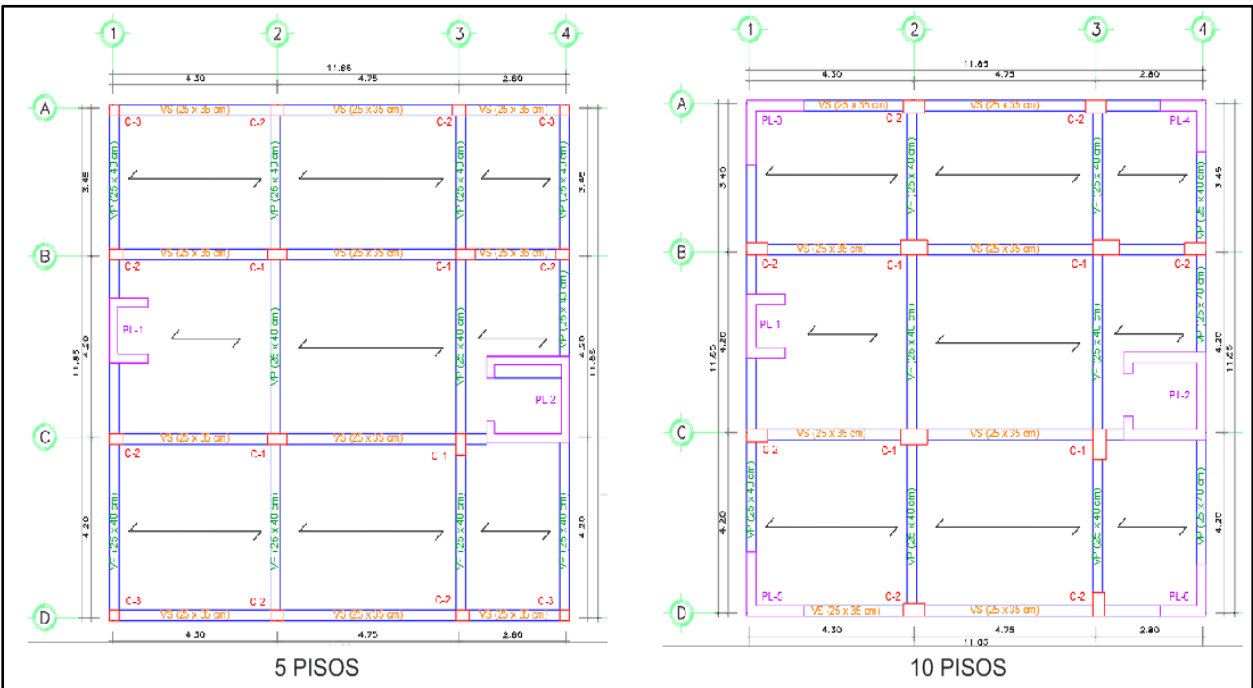


Figura 68. Estructuración del edificio de forma cuadrada de 5 y 10 pisos.

Fuente: Ticona (2019)

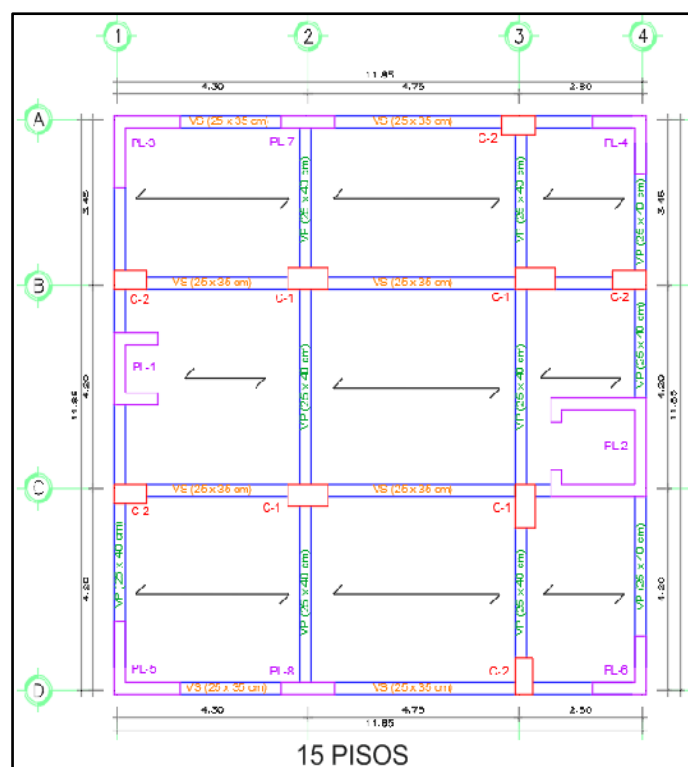


Figura 69. Estructuración del edificio de forma cuadrada de 15 pisos.

Fuente: Ticona (2019)

### 3.29.4.1.3. Predimensionamiento

**Tabla 24**

*Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 5 pisos*

ELEMENTO	UNIDAD	MAGNITUD
Losa aligerada	cm	25
Viga principal	cm	Ancho: 25
		Largo: 40
Viga secundaria	cm	Ancho: 25
		Largo: 35
Columna 1	cm	Ancho: 25
		Largo: 50
Columna 2	cm	Ancho: 25
		Largo: 35
Columna 3	cm	Ancho: 25
		Largo: 25
Espesor placa	cm	20

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)



**Tabla 25***Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 10 pisos*

<b>Elemento Estructural</b>	<b>Unidad</b>	<b>Magnitud</b>
Losa aligerada	cm	25
Viga principal	cm	Ancho: 25
		Largo: 40
Viga secundaria	cm	Ancho: 25
		Largo: 35
Columna 1	cm	Ancho: 35
		Largo: 70
Columna 2	cm	Ancho: 30
		Largo: 55
Espesor placa	cm	25

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)**Tabla 26***Predimensionamiento del edificio de forma cuadrada de 15 pisos*

<b>Elemento Estructural</b>	<b>Unidad</b>	<b>Magnitud</b>
Losa aligerada	cm	25
Viga principal	cm	Ancho: 25
		Largo: 40
Viga secundaria	cm	Ancho: 25
		Largo: 35
Columna 1	cm	Ancho: 45
		Largo: 90
Columna 2	cm	Ancho: 40
		Largo: 75
Espesor placa	cm	25

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)

### 3.29.4.2. Edificio forma rectangular

#### 3.29.4.2.1. Características

**Tabla 27**

*Características del modelo rectangular*

Condición	Unidad	Magnitud
Área	m	Ancho: 8.5
		Largo: 17
Resistencia del concreto	Kg/cm2	210
Altura de entrepiso	m	2.52
Altura 1er piso	m	2.88
Carga muerta entrepiso	Kg/cm2	310
Carga muerta techo	Kg/cm2	100
Carga viva entrepiso	Kg/cm2	200
Carga viva techo	Kg/cm2	100

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)

#### 3.29.4.2.2. Estructuración

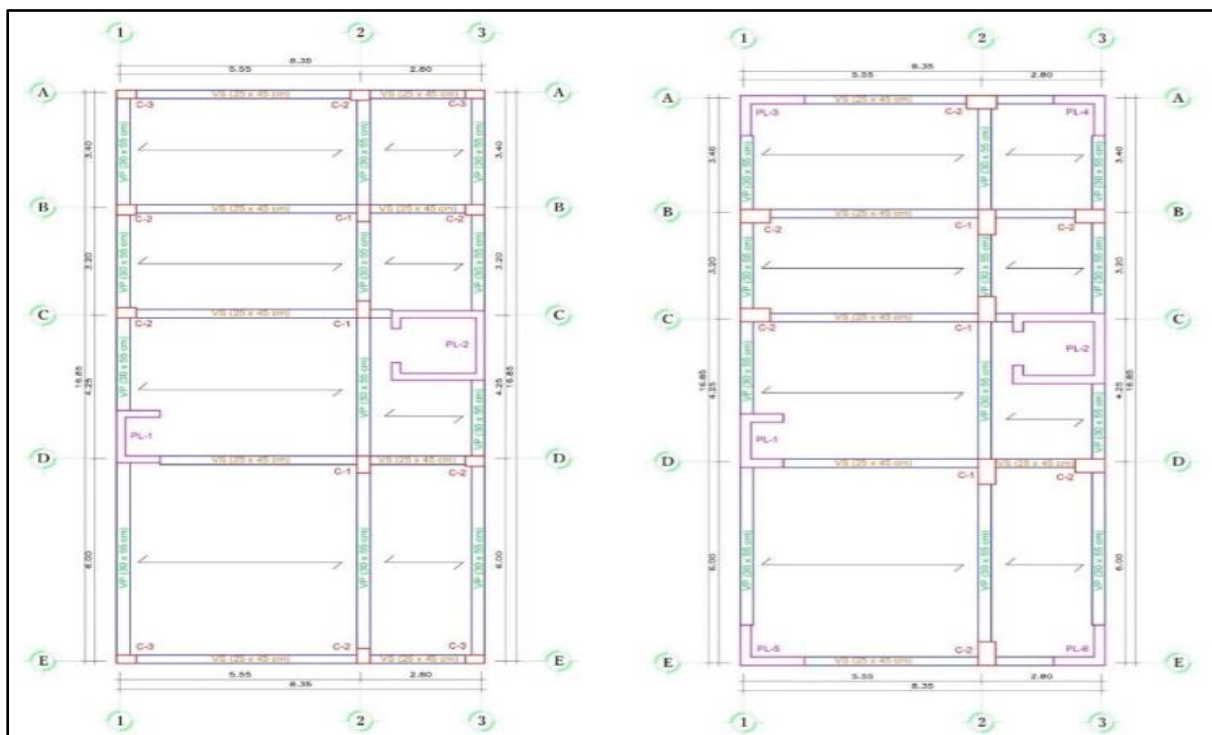


Figura 70. Estructuración del edificio de forma rectangular de 5 y 10 pisos.

Fuente: Ticona (2019)



**Tabla 29***Predimensionamiento del edificio de forma rectangular de 10 pisos*

<b>Elemento Estructural</b>	<b>Unidad</b>	<b>Magnitud</b>
Losa aligerada	cm	25
Viga principal	cm	Ancho: 30
		Largo: 55
Viga secundaria	cm	Ancho: 25
		Largo: 45
Columna 1	cm	Ancho: 40
		Largo: 75
Columna 2	cm	Ancho: 40
		Largo: 70
Columna 3	cm	Ancho: 35
		Largo: 65
Espesor placa	Cm	25

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)**Tabla 30***Predimensionamiento del edificio de forma rectangular de 15 pisos*

<b>Elemento Estructural</b>	<b>Unidad</b>	<b>Magnitud</b>
Losa aligerada	cm	25
Viga principal	cm	Ancho: 30
		Largo: 55
Viga secundaria	cm	Ancho: 25
		Largo: 45
Columna 1	cm	Ancho: 50
		Largo: 90
Columna 2	cm	Ancho: 45
		Largo: 95
Columna 3	cm	Ancho: 40
		Largo: 85
Espesor placa	Cm	25

**Nota:** Fuente: Ticona (2019)

## CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Lenguaje IFC

De acuerdo a diversos análisis según Buildingsmart podemos categorizar los elementos estructurales en cuatro entidades los cuales son: columna, viga, muro y losas estas entidades son elementos comunes de modelado en ambos softwares (arquitectura y estructura) y a partir de ellos se puede crear diversos secciones o formas que representes a estas.

Se constato que la exportación IFC de entidades estructurales por los softwares heterogéneos presentan un desorden en alguna conformación de esta, específicamente en Sap2000 y Etabs ya que en estos programas no se puede editar la organización interna del IFC, el cual dificulta la lectura adecuada en un visor IFC, por ende, también en la interoperabilidad. Así mismo Robot no tiene opción de exportación en IFC.

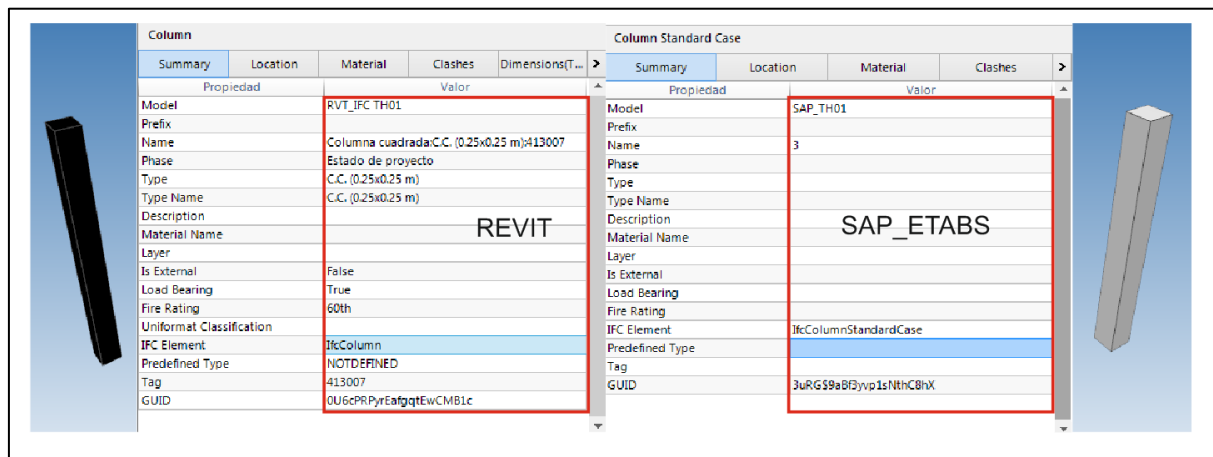


Figura 72. Estructuración de IFC interno.

La configuración interna es posible editarlo por las siguientes vías:


- Editar el archivo IFC en formato de texto con el bloc de notas.
- Importar el archivo IFC en un software que no tenga dicha limitación y editarlo.
- Editar el archivo IFC en un software específico de edición de IFC's

Esta solución en un corto plazo no es viable ya que requiere conocimientos informáticos de lenguaje de escritura en IFC. Por ende, solo pueden editarlo y organizarlo los ingenieros, arquitectos, gestores de mantenimiento, etc., en ningún caso personas sin conocimientos en IFC.



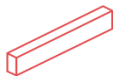
**Tabla 31**

*Atributos IFC columnas.*

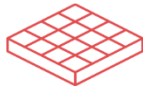
Ficha de Información de Entidad Columnas (IfcColumn)	
	<b>Descripción según ISO 16739-1:2018:</b> IfcColumn es un miembro estructural vertical que a menudo está alineado con una intersección de cuadrícula estructural. Representa un miembro estructural vertical, o casi vertical, que transmite, a través de la compresión, el peso de la estructura anterior a otros elementos estructurales a continuación. Representa a un miembro así desde un punto de vista arquitectónico. No es necesario ser de carga.
Tipos Predefinidos	Descripción
COLUMN	Un miembro estándar generalmente vertical y que requiere resistencia a las fuerzas verticales por compresión, pero también a veces a las fuerzas laterales.
PILASTER	Un elemento de columna incrustado dentro de una pared que se puede requerir que soporte la carga pero que también se puede usar solo con fines decorativos.
USERDEFINED	El tipo de columna está definido por el usuario.
NOTDEFINED	El tipo de columna no está definido.

**Tabla 32**


*Atributos IFC vigas.*

Ficha de Información de Entidad Vigas (IfcBeam)	
	<b>Descripción según ISO 16739-1:2018:</b> Un IfcBeam es un miembro estructural horizontal o casi horizontal que es capaz de soportar la carga principalmente resistiendo la flexión. Representa a un miembro así desde un punto de vista arquitectónico. No es necesario ser de carga.
Tipos Predefinidos	Descripción
BEAM	Una viga estándar usualmente utilizada horizontalmente.
JOIST	Una viga utilizada para soportar un piso o techo.
HOLLOWCORE	Una viga ancha a menudo pretensada con un perfil de núcleo hueco que generalmente sirve como componente de la losa.
LINTEL	Una viga o pieza horizontal de material sobre una abertura (por ejemplo, puerta, ventana).

**Tabla 33**  
Atributos IFC losas.

Ficha de Información de Entidad Losas (IfcSlab)	
	<b>Descripción según ISO 16739-1:2018:</b> Un IfcSlab es un componente de construcción que normalmente encierra un espacio verticalmente. La losa puede proporcionar el soporte inferior (piso) o la construcción superior (losa del techo) en cualquier espacio de un edificio.
	<b>Tipos Predefinidos</b>
	<b>Descripción</b>
	<b>FLOOR</b> La losa se utiliza para representar una losa de piso.
	<b>ROOF</b> La losa se usa para representar una losa del techo (ya sea plana o inclinada).
<b>LANDING</b> La losa se utiliza para representar un descanso dentro de una escalera o rampa.	
<b>BASESLAB</b> La losa se utiliza para representar una losa de piso contra el suelo (y, por lo tanto, es una parte de la cimentación). Otro nombre es radier.	

**Tabla 34**  
Atributos IFC muros.

Ficha de Información de Entidad Muros (IfcWall)	
	<b>Descripción según ISO 16739-1:2018:</b> Un IfcWall representa una construcción vertical que delimita o subdivide espacios. Los muros suelen ser elementos planos, verticales o casi verticales, a menudo diseñados para soportar cargas estructurales. Sin embargo, no se requiere que una pared soporte carga.
	<b>Tipos Predefinidos</b>
	<b>Descripción</b>
	<b>MOVABLE</b> Un muro móvil que se puede mover, como una pared plegable o una pared deslizante, o se puede quitar fácilmente como un tabique removible o una pared de montaje. Las paredes móviles normalmente no definen los límites del espacio y, a menudo, pertenecen al sistema de mobiliario.
	<b>PARAPET</b> Una barrera similar a una pared para proteger a los ocupantes humanos de la caída, o para evitar la propagación de incendios. A menudo diseñados en el borde de balcones, terrazas o techos.
<b>PARTITIONING</b> Un muro diseñado para dividir espacios que a menudo tiene una construcción liviana similar a un sándwich (por ejemplo, utilizando una placa de yeso). Los muros divisorios normalmente no soportan carga.	
<b>PLUMBINGWALL</b> Un muelle, o recinto, o encierro, normalmente utilizado para encerrar tuberías en cuartos sanitarios. Tales paredes a menudo no se extienden hasta el techo.	



#### 4.1.2. Transferencia de información

La siguiente evaluación de la transferencia de los parámetros de los elementos estructurales de las cuatro entidades por medio del formato IFC nativo de cada software heterogéneo, sin ninguna alteración de su configuración los resultados dieron negativos como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 35**  
*Evaluación de transferencia IFC.*

<b>Parámetro (Español)</b>	<b>Parámetro (Inglés)</b>	<b>REVIT</b>	<b>SAP</b>	<b>ETABS</b>	<b>ROBOT</b>
Largo	Length	si	no	no	no
Volumen	Volume	si	no	no	no
Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	si	no	no	no
Area de Sección Transversal	CrossSectionArea	si	no	no	no
Área de superficie externa	OuterSurfaceArea	si	no	no	no
De Uso en Exterior	IsExternal	si	no	no	no
Tipo de Posición	Position Type	si	no	no	no
Restricciones de Ubicación	Location Constraint	si	no	no	no
Código de Restricción	Code Constraint	si	no	no	no
Costo Conceptual	Conceptual Cost	si	no	no	no
Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	si	no	no	no
Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions	si	no	no	no

#### 4.1.3. Protocolos

Este aspecto se detalla ampliamente en el capítulo anterior, pero sin embargo los protocolos más indispensables del IFC son las que siguen en las posteriores tablas.

**Tabla 36***Protocolos IFC para columnas.*

Ficha de Información de Entidad Columnas (IfcColumn)

Tipo de Información Para la entidad		Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	IFC/COBie
TDI-B	Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length	COBie.Type-> NominalLength / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalLength" o IfcColumn->Pset_ColumnBaseQuantities->Length (Q_LENGTH)
		Volumen	Volume	IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->GrossVolume (Q_VOLUME)
		Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	IfcColumn->Pset_ColumnCommon->Status (P_ENUMERATEDVALE / IfcLabel / Penum_ElementStatus)
		Area de Sección Transversal	CrossSectionArea	IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->CrossSectionArea (Q_AREA)
		Área de superficie externa	OuterSurfaceArea	IfcColumn->Qto_ColumnBaseQuantities->OuterSurfaceArea (Q_AREA)
		De Uso en Exterior	IsExternal	IfcColumn->Pset_ColumnCommon->IsExternal (P_SINGLEVALUE / IfcBoolean)
TDI-C	Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	Tipo de Posición	Position Type	IfcLocalPlacement.PlacementRelTo (IfcObjectPlacement)
		Restricciones de Ubicación	Location Constraint	IfcColumn.ProvidesBoundaries (IfcRelSpaceBoundary->RelatedBuildingElement)
		Código de Restricción	Code Constraint	IfcColumn.HasAssociations (IfcRelAssociates->RelatingConstraint->IfcConstraint)
		Costo Conceptual	Conceptual Cost	IfcCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcColumn->Pset_Cost->ConceptualCost (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))
TDI-F	Requerimientos de Costos	Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	IfcCostItem.CostQuantities (IfcPhysicalQuantity)(Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostItem, se agregará de la siguiente manera: IfcColumn->Pset_Cost->CostQuantities (IfcPhysicalQuantity))
		Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions	IfcCostValue.Category->FutureCostAssumptions->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcColumn->Pset_Cost->FutureCostAssumptions (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))

**Tabla 37**
*Protocolos IFC para vigas.*

Ficha de Información de Entidad Vigas (IfcBeam)

Tipo de Información Para la entidad		Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	IFC/COBie
TDI-B	Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length	COBie.Type-> NominalLength / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalLength" o IfcBeam->Qto_BeamBaseQuantities->Length (Q_LENGTH)
		Area	Area	IfcBeam->Qto_BeamBaseQuantities->GrossSurfaceArea (Q_AREA)
		Volumen	Volume	IfcBeam->Qto_BeamBaseQuantities->GrossVolume (Q_VOLUME)
		Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	IfcBeam->Pset_BeamCommon->Status (P_ENUMERATEDVALE / IfcLabel / Penum_ElementStatus)
		Area de Sección Transversal	CrossSectionArea	IfcBeam->Qto_BeamBaseQuantities->CrossSectionArea (Q_AREA)
TDI-C	Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	Área de superficie externa	OuterSurfaceArea	IfcBeam->Qto_BeamBaseQuantities->OuterSurfaceArea (Q_AREA)
		De Uso en Exterior	IsExternal	IfcBeam->Pset_BeamCommon->IsExternal (P_SINGLEVALUE / IfcBoolean)
		Tipo de Posición	Position Type	IfcLocalPlacement.PlacementRelTo (IfcObjectPlacement)
		Restricciones de Ubicación	Location Constraint	IfcBeam.ProvidesBoundaries (IfcRelSpaceBoundary->RelatedBuildingElement)
		Código de Restricción	Code Constraint	IfcBeam.HasAssociations (IfcRelAssociates->RelatingConstraint->IfcConstraint)
TDI-F	Requerimientos de Costos	Costo Conceptual	Conceptual Cost	IfcCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcBeam->Pset_Cost->ConceptualCost (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))
		Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	IfcCostItem.CostQuantities (IfcPhysicalQuantity)(Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostItem, se agregará de la siguiente manera: IfcBeam->Pset_Cost->CostQuantities (IfcPhysicalQuantity))
		Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions	IfcCostValue.Category->FutureCostAssumptions->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcBeam->Pset_Cost->FutureCostAssumptions (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))

**Tabla 38**
*Protocolos IFC para losas.*

Ficha de Información de Entidad Losas/Radier (IfcSlab)

Tipo de Información Para la entidad		Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	IFC/COBie
TDI-B	Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length	COBie.Type->NominalLength / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalLength" o IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->Length (Q_LENGTH)
		Ancho	Width	COBie.Type->NominalWidth / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalWidth" o IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->Width (Q_LENGTH)
		Area	Area	IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->GrossSurfaceArea (Q_AREA)
		Volumen	Volume	IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->GrossVolume (Q_VOLUME)
		Perimetro	Perimeter	IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->Perimeter (Q_LENGTH)
TDI-C	Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	Espesor	Depth	IfcSlab->Qto_SlabBaseQuantities->Depth (Q_LENGTH) o IfcSlab->Pset_PrecastSlab->NominalThickness o (P_SINGLEVALUE / IfcPositiveLengthMeasure)
		Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	IfcSlab->Pset_SlabCommon->Status (P_ENUMERATEDVALUE / IfcLabel / Penum_ElementStatus)
		De Uso en Exterior	IsExternal	IfcSlab->Pset_SlabCommon->IsExternal (P_SINGLEVALUE / IfcBoolean)
		Tipo de Posición	Position Type	IfcLocalPlacement.PlacementRelTo (IfcObjectPlacement)
		Restricciones de Ubicación	Location Constraint	IfcSlab.ProvidesBoundaries (IfcRelSpaceBoundary->RelatedBuildingElement)
TDI-F	Requerimientos de Costos	Código de Restricción	Code Constraint	IfcSlab.HasAssociations (IfcRelAssociates->RelatingConstraint->IfcConstraint)
		Costo Conceptual	Conceptual Cost	cCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcSlab->Pset_Cost->ConceptualCost (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))
		Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	IfcCostItem.CostQuantities (IfcPhysicalQuantity)(Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostItem, se agregará de la siguiente manera: IfcSlab->Pset_Cost->CostQuantities (IfcPhysicalQuantity))

**Tabla 39**

*Protocolos IFC para muros.*

Ficha de Información de Entidad Muros (IfcWall)

Tipo de Información Para la entidad		Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	IFC/COBie
TDI-B	Propiedades Físicas de Objetos y Elementos	Largo	Length	COBie.Type-> NominalLength / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalLength" o IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->Length (Q_LENGTH)
		Ancho	Width	COBie.Type-> NominalWidth / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalWidth" o IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->Width (Q_LENGTH)
		Alto	Height	COBie.Type-> NominalHeight / IfcTypeObject->Pset de nombre "COBie_Specification"->IfcProperty de nombre "NominalHeight" o IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->Height (Q_LENGTH)
		Volumen	Volume	IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->GrossVolume (Q_VOLUME)
		Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	IfcWall->Pset_WallCommon->Status (P_ENUMERATEDVALE / IfcLabel / Penum_ElementStatus)
		Area de base	FootprintArea	IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->GrossFootprintArea (Q_AREA)
		Area	Area	IfcWall->Qto_WallBaseQuantities->GrossSideArea (Q_AREA)
TDI-C	Propiedades Geográficas y de Localización Espacial de Objetos & Elementos	De Uso en Exterior	IsExternal	IfcWall->Pset_WallCommon->IsExternal (P_SINGLEVALUE / IfcBoolean)
		Tipo de Posición	Position Type	IfcLocalPlacement.PlacementRelTo (IfcObjectPlacement)
		Restricciones de Ubicación	Location Constraint	IfcWall.ProvidesBoundaries (IfcRelSpaceBoundary->RelatedBuildingElement)
		Código de Restricción	Code	IfcWall.HasAssociations (IfcRelAssociates->RelatingConstraint->IfcConstraint)
		Costo Conceptual	Conceptual Cost	IfcCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcWall->Pset_Cost->ConceptualCost (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))
TDI-F	Requerimientos de Costos	Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	IfcCostItem.CostQuantities (IfcPhysicalQuantity)(Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostItem, se agregará de la siguiente manera: IfcWall->Pset_Cost->CostQuantities (IfcPhysicalQuantity))
		Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions	IfcCostValue.Category->FutureCostAssumptions->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcWall->Pset_Cost->FutureCostAssumptions (P_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))

Procederemos a corroborar el envío de información del protocolo IFC asignado en este caso como ejemplo solamente el parámetro costo en vigas: IfcCostValue.Category->ConceptualCost->AppliedValue (IfcAppliedValueSelect) (Si no se puede ingresar el parámetro en IfcCostValue, se agregará de la siguiente manera: IfcBeam->Pset\_Cost->ConceptualCost (P\_SINGLEVALUE / IfcMonetaryMeasure))

Primero se verifica las clases de exportación donde en el apartado de IFC Class name debe indicar **IfcBeam** o lo que corresponda, como se observa en la siguiente imagen.

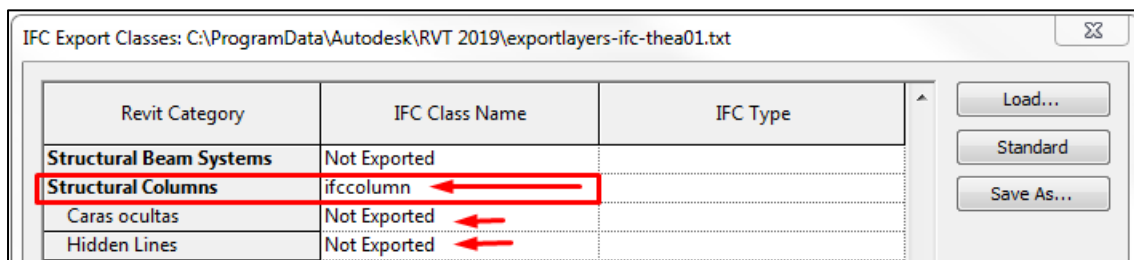


Figura 74. Clases de exportación IFC.

Posteriormente cuando no existe el parámetro que en este caso es el de costos, se crea uno nuevo en el cual se le indica el protocolo IFC definido "ConceptualCost"

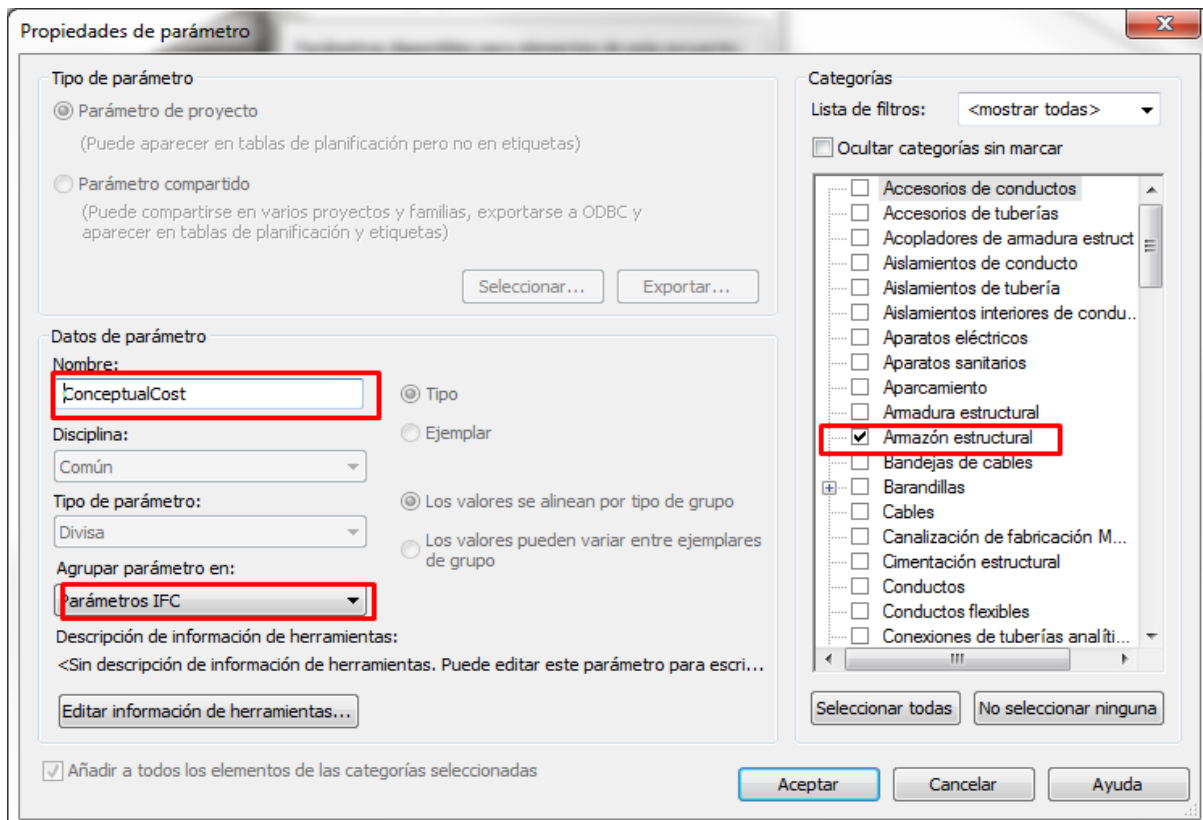


Figura 75. Parámetro IFC.

Seguidamente se verifica que este asignado en propiedades de tipo el parámetro creado, así mismo se debe cambiar en nombre de la tabla con Pset\_Cost, en donde están agrupados todos los costos que pudieran existir.

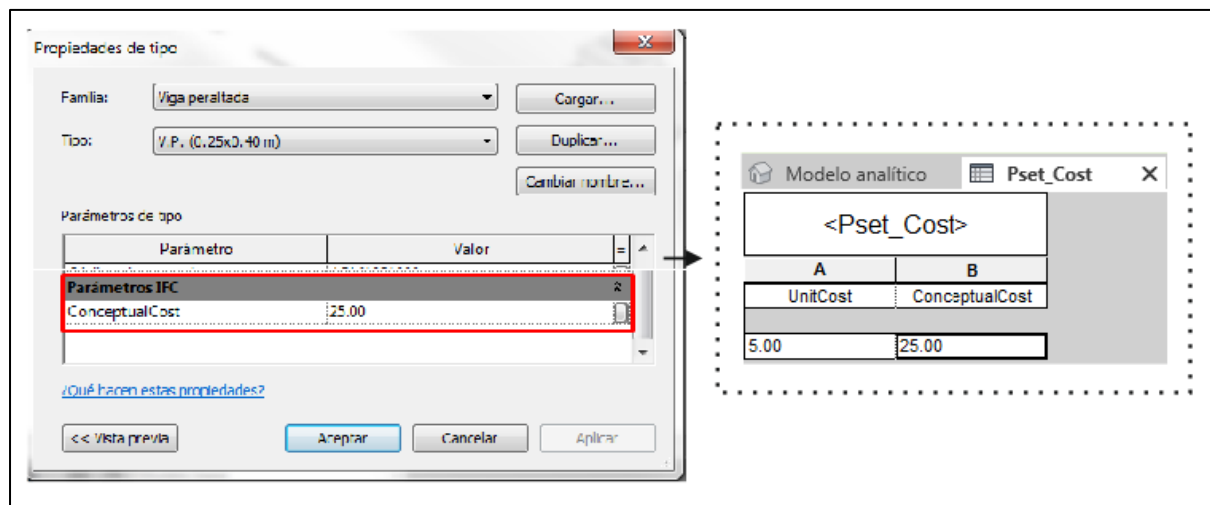


Figura 76. Verificación de parámetro IFC añadido.

Para que estos parámetros nuevos existan o se exporten y se visualicen en cualquier lector de IFC se debe de configurar y activar las opciones de exportación de tablas que contenga IFC.

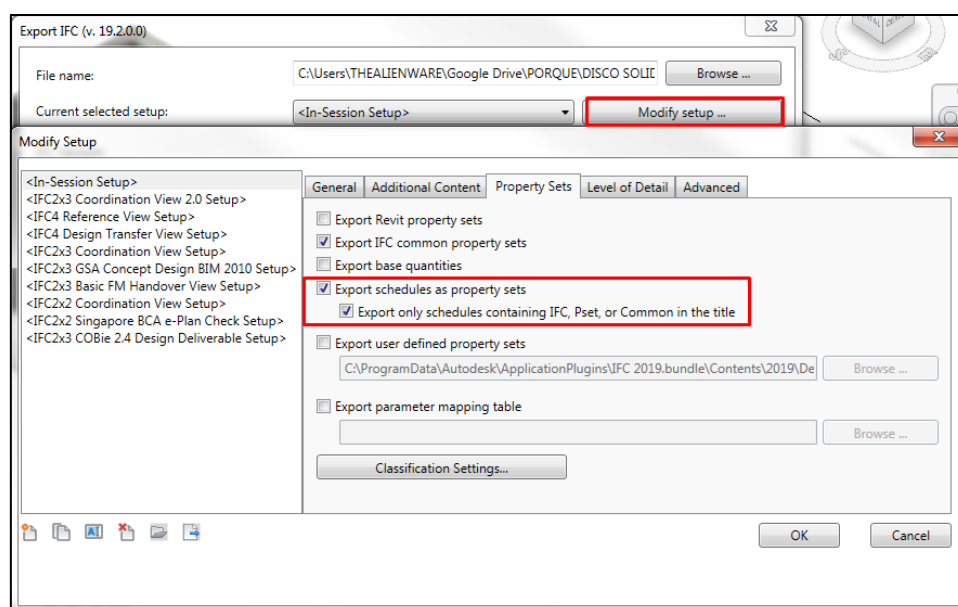


Figura 77. Opciones de exportación IFC.

Como se puede observar el parámetro creado se pueden visualizar correctamente en un programa de detección de colisiones o lector IFC. En este caso visualizado por BIMcollab ZOOM. Así mismo se puede visualizar cada disciplina formando un modelo federado.

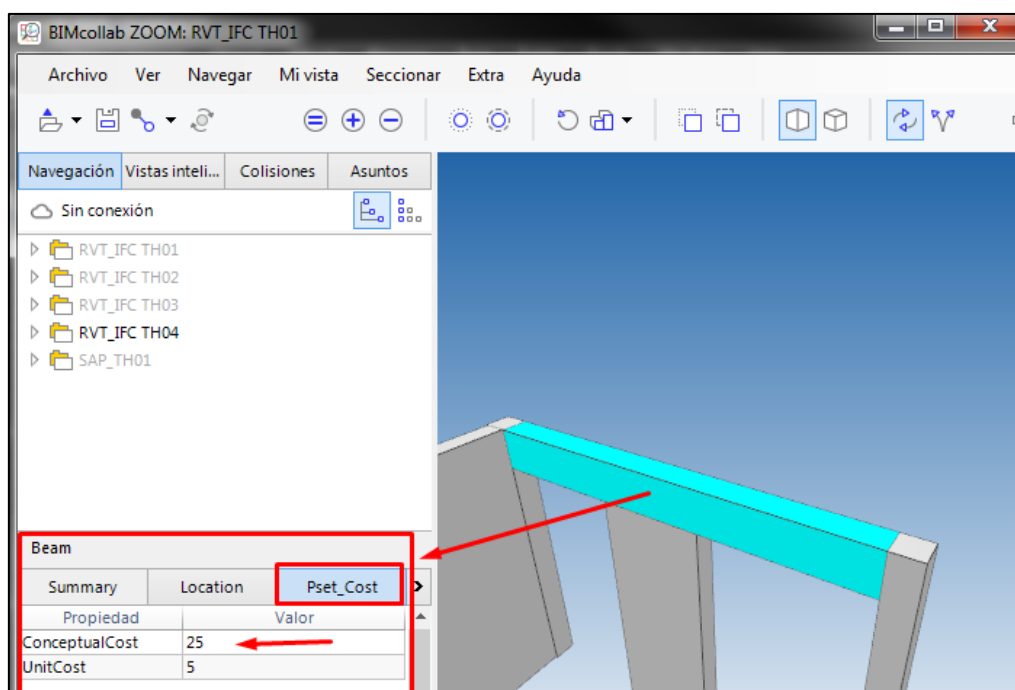


Figura 78. Verificación de parámetro IFC añadido en lector IFC.

En la siguiente tabla se muestra que aplicado los protocolos IFC correctamente en el intercambio de parámetros de las entidades es posible y más eficiente con la extensión CSIXRevit openBIM y para robot con su extensión propio.

**Tabla 40**

*BIM software resultados de interoperabilidad de las cuatro entidades.*

Columnas (IfcColumn), Vigas (IfcBeam), Muros (IfcWall), Losas/Radier (IfcSlab)

Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	REVIT	SAP	ETABS	ROBOT
Largo	Length	si	si	si	si
Volumen	Volume	si	si	si	si
Estatus del Elemento (Nuevo, Existente, Demolición, etc)	ElementStatus	si	si	si	si
Area de Sección Transversal	CrossSectionArea	si	si	si	si
Área de superficie externa	OuterSurfaceArea	si	si	si	si
De Uso en Exterior	IsExternal	si	si	si	si



**Tabla 40**

BIM software resultados de interoperabilidad de las cuatro entidades (continuación)  
Columnas (IfcColumn), Vigas (IfcBeam), Muros (IfcWall), Losas/Radier (IfcSlab)

Parámetro (Español)	Parámetro (Inglés)	REVIT	SAP	ETABS	ROBOT
Tipo de Posición	Position Type	si	si	si	si
Restricciones de Ubicación	Location Constraint	si	si	si	si
Código de Restricción	Code Constraint	si	si	si	si
Costo Conceptual	Conceptual Cost	si	si	si	si
Unidad Costo Conceptual	Conceptual Unit Cost	si	si	si	si
Costos Futuros supuestos	Future Cost Assumptions	si	si	si	si

#### 4.1.4. Tiempo de modelado tradicional vs BIM

##### 4.1.4.1. Modelado Tradicional

**Tabla 41**

*Control de tiempo de modelado estructura cuadrada*

	N° Pisos	Sap2000	Etabs	Robot
Modelo cuadrado	5 pisos	22.05	17.51	21.52
	10 pisos	25.45	16.27	23.20
	15 pisos	27.38	14.31	20.18

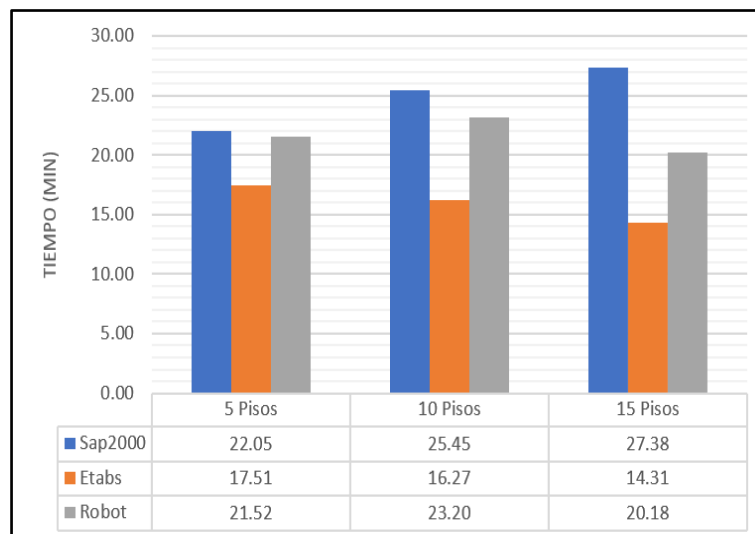


Figura 79. Tiempo de modelado tradicional estructura cuadrada

**Tabla 42***Control de tiempo de modelado estructura rectangular*

	N° Pisos	Sap2000	Etabs	Robot
Modelo rectangular	5 pisos	22.28	16.12	23.03
	10 pisos	24.33	15.37	19.27
	15 pisos	26.32	14.52	22.33

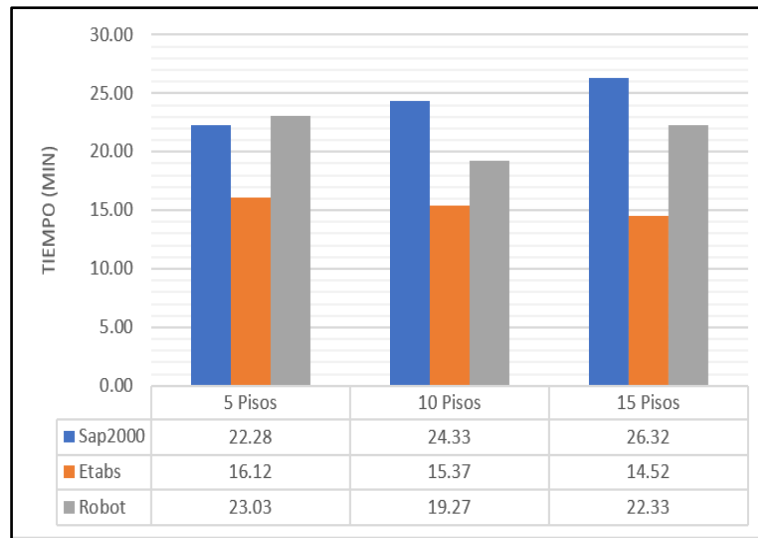


Figura 80. Tiempo de modelado estructura rectangular

**4.1.4.2. Modelado BIM****Tabla 43***Control de tiempo de modelado estructura cuadrada.*

	N° Pisos	Sap2000	Etabs	Robot	Revit
Modelo cuadrado	5 pisos	2.24	2.31	1.99	26.17
	10 pisos	2.25	2.42	2.03	25.11
	15 pisos	2.32	3.10	2.71	27.05

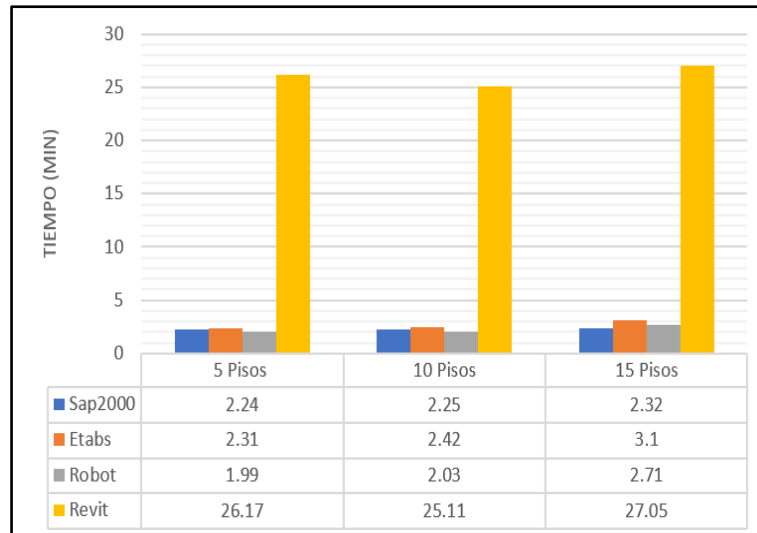


Figura 81. Tiempo de modelado BIM estructura cuadrada

**Tabla 44**

*Control de tiempo de modelado estructura rectangular.*

	N° Pisos	Sap2000	Etabs	Robot	Revit
Modelo rectangular	5 pisos	2.14	2.83	2.01	25.13
	10 pisos	2.35	2.19	2.33	26.20
	15 pisos	2.82	2.93	1.99	25.87

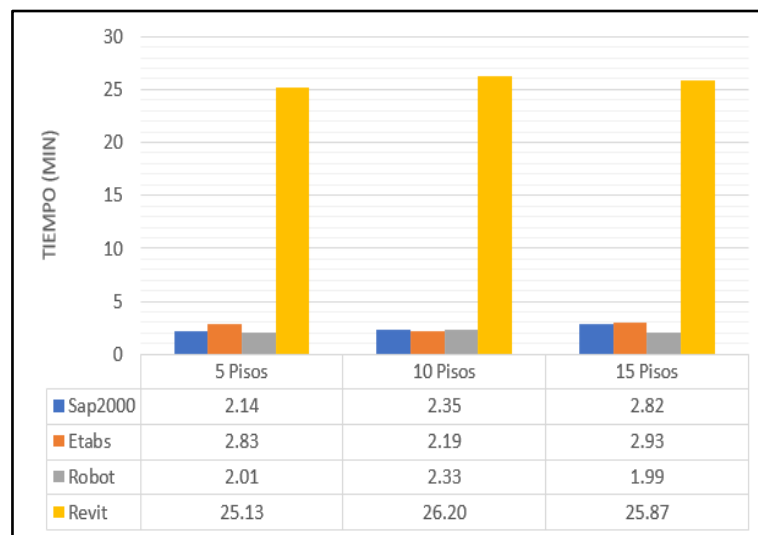


Figura 82. Tiempo de modelado BIM estructura rectangular

#### 4.1.5. Análisis estructural de los modelos utilizados

Las siguientes tablas muestran los resultados del análisis estructural que se realizó siguiendo la metodología tradicional, es decir definiendo la información que requiere el

software de forma manual y la metodología BIM, es decir transmitir la información de un modelo hacia el software estructural. En ambos casos la información que se proporciona al software es geométrica, no se realizan configuraciones del modelo a través de las opciones del software.

#### **4.1.5.1. Modelo cuadrado**

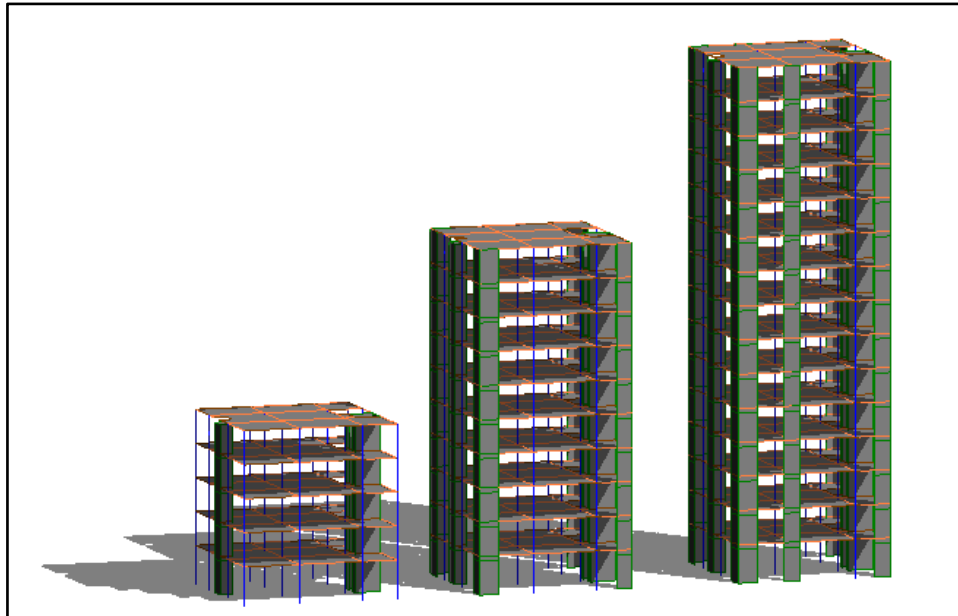


Figura 83. Modelo analítico de estructura cuadrada

##### **4.1.5.1.1. Modelado cuadrado de 5 pisos**

En la siguiente figura se muestran los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

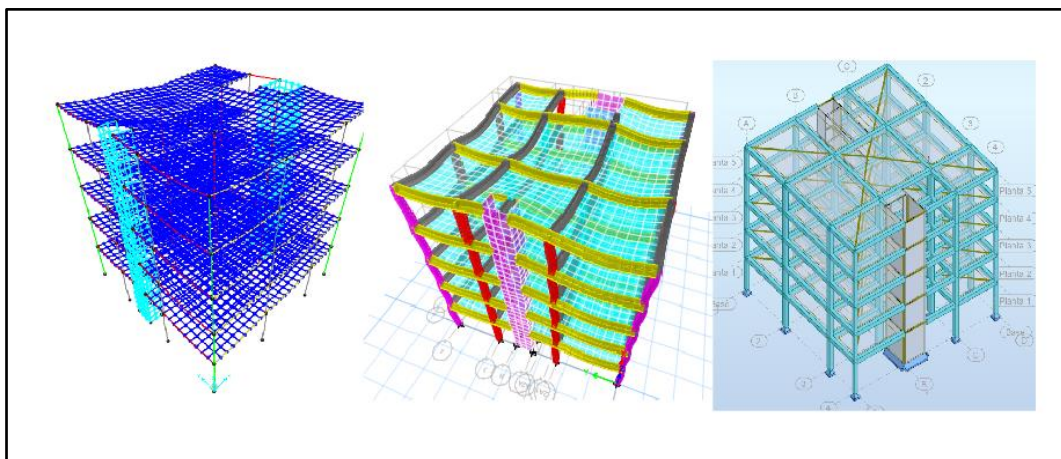


Figura 84. Modelo 5 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot

### A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 45**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.592	0.06	65.09	0.539	0.30	63.08	0.575	6.278	68.798
2	0.549	73.01	0.45	0.494	71.83	0.91	0.524	70.015	6.293
3	0.391	1.45	11.30	0.356	1.42	11.66	0.378	0.851	9.464
4	0.165	0.19	12.79	0.148	0.25	12.99	0.151	0.336	11.842
5	0.138	16.98	0.60	0.121	17.22	0.79	0.128	15.508	0.741
6	0.114	0.00	0.11	0.103	0.78	3.31	0.107	0.259	2.573
7	0.107	0.61	2.89	0.072	0.07	3.77	0.067	0.199	4.129
8	0.103	0.01	0.13	0.067	4.64	0.31	0.052	4.372	0.677
9	0.089	0.01	0.02	0.05	0.61	0.59	0.043	0.336	0.957
10	0.085	0.00	0.00	0.055	0.02	1.23	0.044	0.268	1.561
11	0.082	0.00	0.00	0.043	0.00	0.26	0.035	0.472	0.484
12	0.08	0.01	0.02	0.042	1.22	0.12	0.034	0.919	0.289

**Tabla 46**

*Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.592	0.06	65.09	0.539	0.30	63.08	0.575	6.278	68.798
2	0.549	73.01	0.45	0.494	71.83	0.91	0.524	70.015	6.293
3	0.391	1.45	11.30	0.356	1.42	11.66	0.378	0.851	9.464
4	0.165	0.19	12.79	0.148	0.25	12.99	0.151	0.336	11.842
5	0.138	16.98	0.60	0.121	17.22	0.79	0.128	15.508	0.741
6	0.114	0.00	0.11	0.103	0.78	3.31	0.107	0.259	2.573
7	0.107	0.61	2.89	0.072	0.07	3.77	0.067	0.199	4.129
8	0.103	0.01	0.13	0.067	4.64	0.31	0.052	4.372	0.677
9	0.089	0.01	0.02	0.05	0.61	0.59	0.043	0.336	0.957
10	0.085	0.00	0.00	0.055	0.02	1.23	0.044	0.268	1.561
11	0.082	0.00	0.00	0.043	0.00	0.26	0.035	0.472	0.484
12	0.08	0.01	0.02	0.042	1.22	0.12	0.034	0.919	0.289

## B) Control de desplazamientos laterales.

**Tabla 47**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.004271	0.004271	0.004201	0.004201	0.004331	0.004331
4	0.004514	0.004514	0.004312	0.004312	0.004511	0.004511
3	0.004383	0.004383	0.004111	0.004111	0.004412	0.004412
2	0.003663	0.003663	0.003463	0.003463	0.003476	0.003476
1	0.001773	0.001773	0.001873	0.001873	0.001973	0.001973

**Tabla 48**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.004004	0.004004	0.004071	0.004071	0.003949	0.003949
4	0.004391	0.004391	0.004597	0.004597	0.004394	0.004394
3	0.004481	0.004481	0.004777	0.004777	0.004451	0.004451
2	0.004002	0.004002	0.004233	0.004233	0.004217	0.004217
1	0.002041	0.002041	0.002163	0.002163	0.002053	0.002053

## C) Fuerza axial máxima en columnas.

**Tabla 49**

*Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas.*

	BIM ETABS (Tn)	ETABS (Tn)	BIM SAP (Tn)	SAP (Tn)	BIM ROBOT (Tn)	ROBOT (Tn)
EJE C-2	28.6849	28.6849	30.2295	30.2295	23.5411	23.5411

### 4.1.5.1.2. Modelado cuadrado de 10 pisos

En la siguiente figura se muestran los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

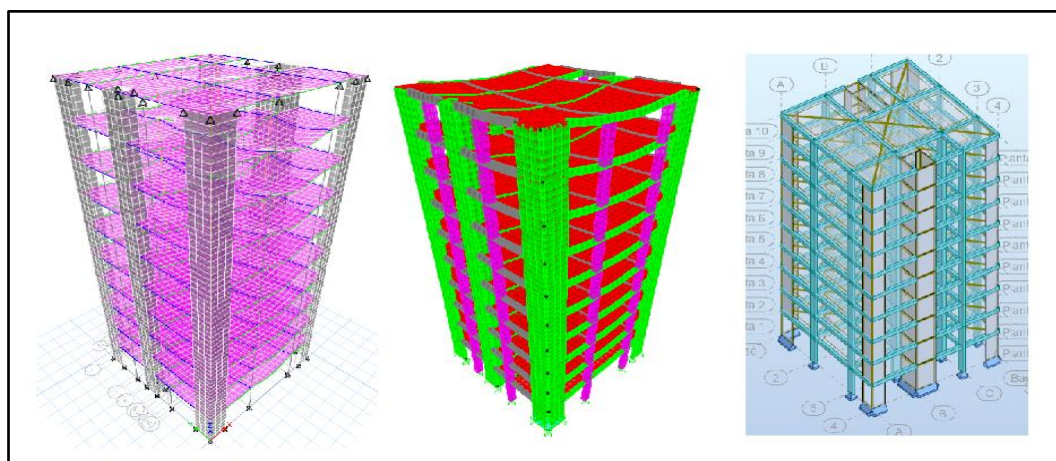


Figura 85. Modelo 10 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot

## A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 50**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T. (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.028	68.94	2.675	0.94	70.01	1.01	1.032	69.677	1.129
2	0.938	2.565	70.97	0.827	0.98	72.53	0.929	0.324	79.326
3	0.682	0.151	0.238	0.604	0.08	0.03	0.676	0.334	1.821
4	0.265	12.35	2.743	0.245	14.51	0.79	0.264	14.729	1.058
5	0.258	2.904	11.07	0.233	0.87	12.89	0.259	0.992	12.152
6	0.181	0.088	0.275	0.164	0.08	0.17	0.18	0.127	1.07
7	0.123	1E-03	0.351	0.113	0.27	5.2	0.122	3.42	7.228
8	0.122	0.075	4.868	0.11	5.57	0.2	0.119	6.097	0.438
9	0.117	5.631	0.038	0.077	0.04	0.1	0.074	0.675	0.176
10	0.105	2E-05	0.029	0.069	0.01	2.76	0.068	0.574	2.561
11	0.086	0.003	4E-05	0.065	3.01	0.003	0.059	3.333	0.517
12	0.083	0.033	0.12	0.048	2E-04	1.57	0.042	0.3022	1.295

**Tabla 51**

*Metodología BIM– Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T. (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.028	68.94	2.675	0.94	70.01	1.01	1.032	69.677	1.129
2	0.938	2.565	70.97	0.827	0.98	72.53	0.929	0.324	79.326
3	0.682	0.151	0.238	0.604	0.08	0.03	0.676	0.334	1.821
4	0.265	12.35	2.743	0.245	14.51	0.79	0.264	14.729	1.058
5	0.258	2.904	11.07	0.233	0.87	12.89	0.259	0.992	12.152
6	0.181	0.088	0.275	0.164	0.08	0.17	0.18	0.127	1.07
7	0.123	1E-03	0.351	0.113	0.27	5.2	0.122	3.42	7.228
8	0.122	0.075	4.868	0.11	5.57	0.2	0.119	6.097	0.438
9	0.117	5.631	0.038	0.077	0.04	0.1	0.074	0.675	0.176
10	0.105	2E-05	0.029	0.069	0.01	2.76	0.068	0.574	2.561
11	0.086	0.003	4E-05	0.065	3.01	0.003	0.059	3.333	0.517
12	0.083	0.033	0.12	0.048	2E-04	1.57	0.042	0.3022	1.295

## B) Control de desplazamientos laterales.

**Tabla 52**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
10	0.004644	0.004644	0.004737	0.004737	0.004937	0.004937
9	0.005012	0.005012	0.005070	0.005070	0.005270	0.005270
8	0.005359	0.005359	0.005416	0.005416	0.005616	0.005616
7	0.005633	0.005633	0.005695	0.005695	0.005895	0.005895
6	0.005749	0.005749	0.005821	0.005821	0.006021	0.006021
5	0.005652	0.005652	0.005731	0.005731	0.005931	0.005931
4	0.005283	0.005283	0.005362	0.005362	0.005562	0.005562
3	0.004556	0.004556	0.004629	0.004629	0.004829	0.004829
2	0.003384	0.003384	0.003441	0.003441	0.003641	0.003641
1	0.001352	0.001352	0.001375	0.001375	0.001575	0.001575

**Tabla 53**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
10	0.003215	0.003215	0.002993	0.002993	0.003204	0.003204
9	0.003646	0.003646	0.003389	0.003389	0.003600	0.003600
8	0.004103	0.004103	0.003817	0.003817	0.004028	0.004028
7	0.004504	0.004504	0.004195	0.004195	0.004406	0.004406
6	0.004889	0.004889	0.004555	0.004555	0.004766	0.004766
5	0.005133	0.005133	0.004784	0.004784	0.004995	0.004995
4	0.005112	0.005112	0.004757	0.004757	0.004968	0.004968
3	0.004693	0.004693	0.004352	0.004352	0.004563	0.004563
2	0.003778	0.003778	0.003448	0.003448	0.003659	0.003659
1	0.001695	0.001695	0.001490	0.001490	0.001701	0.001701

## C) Fuerza axial máxima en columnas.

**Tabla 54**

*Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas.*

	BIM ETABS (Tn)	ETABS (Tn)	BIM SAP (Tn)	SAP (Tn)	BIM ROBOT (Tn)	ROBOT (Tn)
EJE C-1	232.0021	232.0021	225.8796	225.8796	194.346	194.346



#### 4.1.5.1.3. Modelado cuadrado de 15 pisos

En la siguiente figura se muestran los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

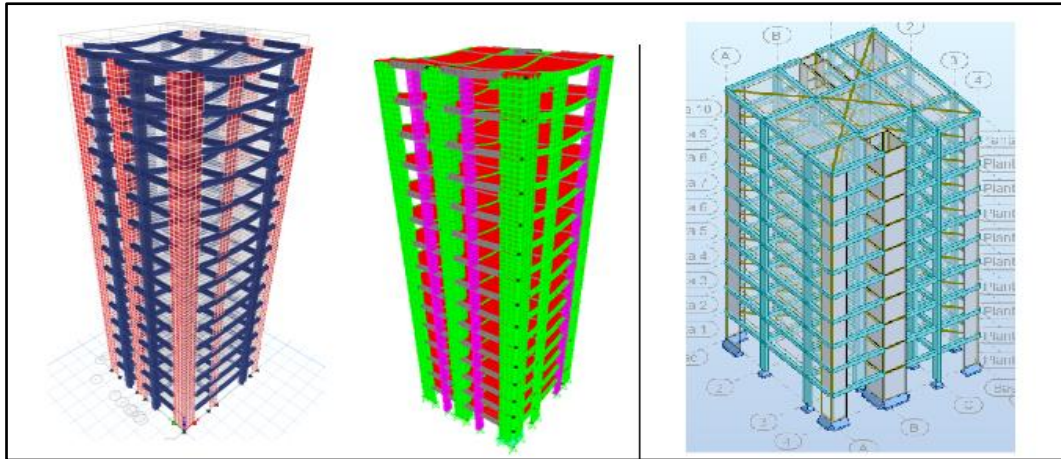


Figura 86. Modelo 15 pisos forma cuadrada en Etabs, Sap2000 y Robot

#### A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 55**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODOS	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T. (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.38	70.25	0.97	1.471	1.471	69.18	1.563	1.138	69.299
2	1.22	0.98	72.83	1.335	1.335	72.56	1.437	0.679	79.356
3	0.86	0.01	0.16	0.936	0.936	0.06	1.008	0.522	1.791
4	0.39	13.74	0.07	0.409	0.409	11.58	0.428	0.628	9.732
5	0.36	0.28	12.53	0.39	0.39	2.31	0.416	0.512	1.572
6	0.26	0.06	0.08	0.273	0.273	0.07	0.289	0.32	1.17
7	0.19	1.17	8.96	0.199	0.199	0.9	0.208	3.491	2.928
8	0.18	9.87	3.89	0.192	0.192	4.37	0.201	0.719	3.732
9	0.09	5.54	0.11	0.135	0.135	0.05	0.132	0.77	0.126
10	0.09	0.06	5.40	0.123	0.123	0.05	0.122	0.687	0.149
11	0.09	5.84	0.03	0.115	0.115	2.83	0.109	0.438	2.31
12	0.05	0.03	3.13	0.085	0.085	0.003	0.079	0.387	0.272

**Tabla 56***Metodología BIM– Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	SAP 2000			ETABS			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T. (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.38	70.25	0.97	1.471	1.471	69.18	1.563	1.138	69.299
2	1.22	0.98	72.83	1.335	1.335	72.56	1.437	0.679	79.356
3	0.86	0.01	0.16	0.936	0.936	0.06	1.008	0.522	1.791
4	0.39	13.74	0.07	0.409	0.409	11.58	0.428	0.628	9.732
5	0.36	0.28	12.53	0.39	0.39	2.31	0.416	0.512	1.572
6	0.26	0.06	0.08	0.273	0.273	0.07	0.289	0.32	1.17
7	0.19	1.17	8.96	0.199	0.199	0.9	0.208	3.491	2.928
8	0.18	9.87	3.89	0.192	0.192	4.37	0.201	0.719	3.732
9	0.09	5.54	0.11	0.135	0.135	0.05	0.132	0.77	0.126
10	0.09	0.06	5.40	0.123	0.123	0.05	0.122	0.687	0.149
11	0.09	5.84	0.03	0.115	0.115	2.83	0.109	0.438	2.31
12	0.05	0.03	3.13	0.085	0.085	0.003	0.079	0.387	0.272

**B) Control de desplazamientos laterales.****Tabla 57***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje x*

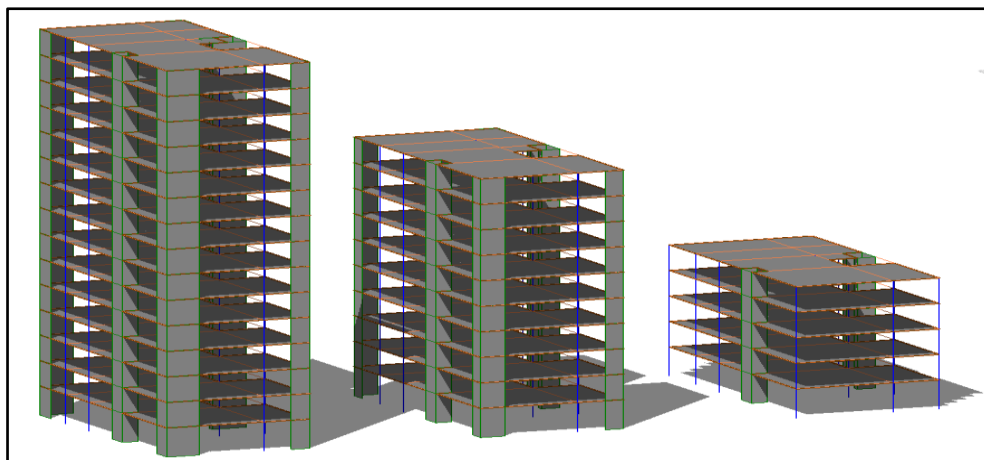
Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
15	0.00451	0.00451	0.00430	0.00430	0.00489	0.00489
14	0.00476	0.00476	0.00456	0.00456	0.00521	0.00521
13	0.00504	0.00504	0.00484	0.00484	0.00557	0.00557
12	0.00532	0.00532	0.00512	0.00512	0.00594	0.00594
11	0.00560	0.00560	0.00540	0.00540	0.00631	0.00631
10	0.00585	0.00585	0.00565	0.00565	0.00663	0.00663
9	0.00603	0.00603	0.00583	0.00583	0.00687	0.00687
8	0.00612	0.00612	0.00592	0.00592	0.00699	0.00699
7	0.00611	0.00611	0.00591	0.00591	0.00699	0.00699
6	0.00597	0.00597	0.00577	0.00577	0.00684	0.00684
5	0.00567	0.00567	0.00547	0.00547	0.00650	0.00650
4	0.00517	0.00517	0.00497	0.00497	0.00592	0.00592
3	0.00441	0.00441	0.00421	0.00421	0.00504	0.00504
2	0.00329	0.00329	0.00309	0.00309	0.00372	0.00372
1	0.00142	0.00142	0.00122	0.00122	0.00146	0.00146

**Tabla 58***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
15	0.00289	0.00289	0.00282	0.00282	0.00303	0.00303
14	0.00323	0.00323	0.00315	0.00315	0.00337	0.00337
13	0.00362	0.00362	0.00353	0.00353	0.00374	0.00374
12	0.00403	0.00403	0.00393	0.00393	0.00414	0.00414
11	0.00442	0.00442	0.00431	0.00431	0.00452	0.00452
10	0.00477	0.00477	0.00464	0.00464	0.00485	0.00485
9	0.00507	0.00507	0.00492	0.00492	0.00513	0.00513
8	0.00529	0.00529	0.00512	0.00512	0.00533	0.00533
7	0.00541	0.00541	0.00523	0.00523	0.00545	0.00545
6	0.00543	0.00543	0.00523	0.00523	0.00544	0.00544
5	0.00529	0.00529	0.00508	0.00508	0.00529	0.00529
4	0.00497	0.00497	0.00475	0.00475	0.00496	0.00496
3	0.00439	0.00439	0.00416	0.00416	0.00437	0.00437
2	0.00348	0.00348	0.00324	0.00324	0.00345	0.00345
1	0.00155	0.00155	0.00140	0.00140	0.00161	0.00161

**C) Fuerza axial máxima en columnas.****Tabla 59***Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas.*

	BIM ETABS (Tn)	ETABS (Tn)	BIM SAP (Tn)	SAP (Tn)	BIM ROBOT (Tn)	ROBOT (Tn)
EJE C-2	362.3708	362.3708	213.1487	213.1487	234.446	234.446

**4.1.5.2. Modelo rectangular****Figura 87. Modelo analítico de estructura rectangular**

#### 4.1.5.2.1. Análisis del modelo de 5 pisos

En la siguiente figura se muestran los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

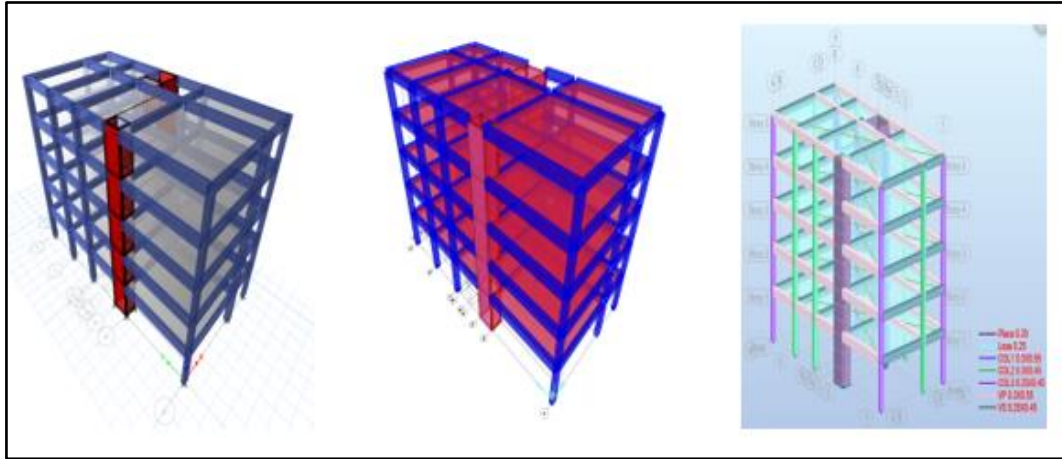


Figura 88. Modelo 5 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot

#### A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 60**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.353	19.980	10.710	0.359	19.000	11.000	0.404	12.422	16.718
2	0.312	70.050	26.260	0.317	70.000	26.000	0.351	68.185	31.383
3	0.239	73.620	78.600	0.243	73.373	79.000	0.271	72.804	76.804
4	0.099	74.560	81.470	0.102	74.256	81.891	0.113	73.670	80.743
5	0.076	89.640	84.500	0.078	90.256	84.537	0.086	88.544	84.488
6	0.069	92.080	93.360	0.071	92.390	93.688	0.078	91.869	92.951
7	0.049	92.320	94.480	0.059	92.423	93.760	0.056	92.154	94.119
8	0.037	92.870	97.710	0.058	92.425	93.765	0.050	92.157	94.132
9	0.034	96.660	97.760	0.056	92.431	93.766	0.049	92.157	94.133
10	0.032	97.560	98.100	0.053	92.450	93.803	0.047	92.162	94.134
11	0.025	97.563	98.180	0.050	92.637	94.887	0.045	92.165	94.143
12	0.025	97.583	99.470	0.049	92.672	95.056	0.043	92.371	95.225

**Tabla 61***Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.353	19.980	10.710	0.359	19.000	11.000	0.404	12.422	16.718
2	0.312	70.050	26.260	0.317	70.000	26.000	0.351	68.185	31.383
3	0.239	73.620	78.600	0.243	73.373	79.000	0.271	72.804	76.804
4	0.099	74.560	81.470	0.102	74.256	81.891	0.113	73.670	80.743
5	0.076	89.640	84.500	0.078	90.256	84.537	0.086	88.544	84.488
6	0.069	92.080	93.360	0.071	92.390	93.688	0.078	91.869	92.951
7	0.049	92.320	94.480	0.059	92.423	93.760	0.056	92.154	94.119
8	0.037	92.870	97.710	0.058	92.425	93.765	0.050	92.157	94.132
9	0.034	96.660	97.760	0.056	92.431	93.766	0.049	92.157	94.133
10	0.032	97.560	98.100	0.053	92.450	93.803	0.047	92.162	94.134
11	0.025	97.563	98.180	0.050	92.637	94.887	0.045	92.165	94.143
12	0.025	97.583	99.470	0.049	92.672	95.056	0.043	92.371	95.225

**B) Control de desplazamientos laterales****Tabla 62***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.002579	0.002579	0.002578	0.002578	0.003153	0.003153
4	0.002854	0.002854	0.002841	0.002841	0.003425	0.003425
3	0.002887	0.002887	0.002890	0.002890	0.003384	0.003384
2	0.002541	0.002541	0.002556	0.002556	0.002889	0.002889
1	0.001358	0.001358	0.001373	0.001373	0.001565	0.001565

**Tabla 63***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.001110	0.001110	0.000936	0.000936	0.001273	0.001273
4	0.001408	0.001408	0.001147	0.001147	0.001496	0.001496
3	0.001603	0.001603	0.001263	0.001263	0.001584	0.001584
2	0.001557	0.001557	0.001221	0.001221	0.001452	0.001452
1	0.000910	0.000910	0.000742	0.000742	0.000884	0.000884

### C) Fuerza axial máxima en columnas

**Tabla 64**

*Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas*

	BIM ETABS (Tn)	ETABS (Tn)	BIM SAP (Tn)	SAP (Tn)	BIM ROBOT (Tn)	ROBOT (Tn)
EJE 1-C	36.0338	36.0338	37.5784	37.5784	30.89	30.89

#### 4.1.5.2.2. Análisis del modelo de 10 pisos

En la siguiente figura se muestra los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot

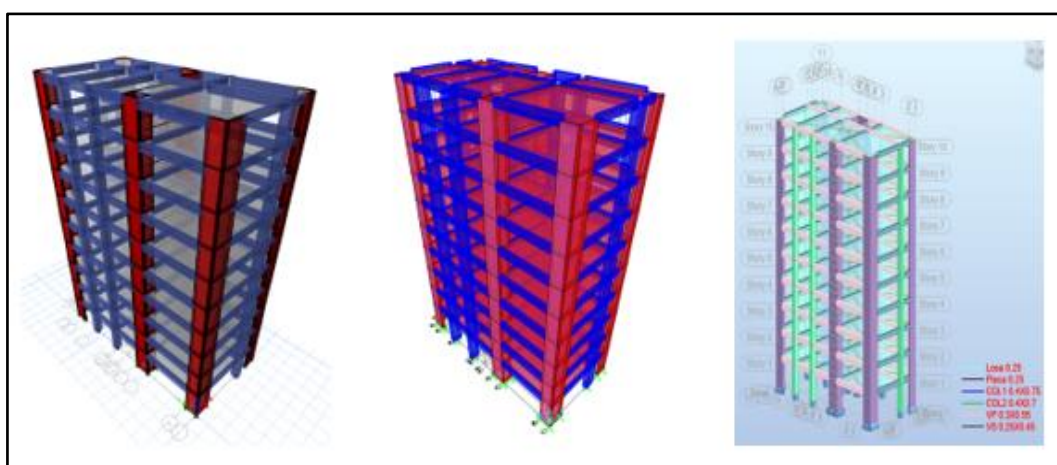


Figura 89. Modelo 10 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot

### A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 65**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

	ETABS			SAP			ROBOT		
MODO	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.679	69.670	0.080	0.692	69.000	0.082	0.784	68.667	0.201
2	0.515	70.090	45.570	0.529	69.444	45.082	0.631	68.788	51.878
3	0.445	71.520	77.070	0.456	70.901	77.082	0.528	70.487	75.231
4	0.174	86.770	77.070	0.179	85.901	77.082	0.198	86.120	75.234
5	0.152	87.000	85.920	0.156	86.128	85.865	0.182	86.250	85.127
6	0.127	87.710	89.620	0.132	86.844	89.691	0.148	86.891	88.451

**Tabla 65**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa (continuación)*

	ETABS			SAP			ROBOT		
7	0.079	91.980	90.010	0.081	91.113	90.035	0.090	87.423	92.063
8	0.076	93.030	93.510	0.079	91.999	93.449	0.088	92.526	92.811
9	0.063	93.390	94.320	0.074	92.168	93.525	0.071	92.803	93.601
10	0.048	93.510	96.300	0.066	92.249	93.812	0.065	92.813	93.613
11	0.046	96.080	96.520	0.065	92.499	94.135	0.059	92.822	93.615
12	0.039	96.280	96.750	0.063	92.521	94.298	0.057	92.823	94.023

**Tabla 66**

*Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

	ETABS			SAP			ROBOT		
MODO	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.679	69.670	0.080	0.692	69.000	0.082	0.784	68.667	0.201
2	0.515	70.090	45.570	0.529	69.444	45.082	0.631	68.788	51.878
3	0.445	71.520	77.070	0.456	70.901	77.082	0.528	70.487	75.231
4	0.174	86.770	77.070	0.179	85.901	77.082	0.198	86.120	75.234
5	0.152	87.000	85.920	0.156	86.128	85.865	0.182	86.250	85.127
6	0.127	87.710	89.620	0.132	86.844	89.691	0.148	86.891	88.451
7	0.079	91.980	90.010	0.081	91.113	90.035	0.090	87.423	92.063
8	0.076	93.030	93.510	0.079	91.999	93.449	0.088	92.526	92.811
9	0.063	93.390	94.320	0.074	92.168	93.525	0.071	92.803	93.601
10	0.048	93.510	96.300	0.066	92.249	93.812	0.065	92.813	93.613
11	0.046	96.080	96.520	0.065	92.499	94.135	0.059	92.822	93.615
12	0.039	96.280	96.750	0.063	92.521	94.298	0.057	92.823	94.023

## B) Control de desplazamientos laterales

**Tabla 67**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
10	0.00479	0.00479	0.004884	0.004884	0.005784	0.005784
9	0.005227	0.005227	0.005287	0.005287	0.006225	0.006225
8	0.005688	0.005688	0.005748	0.005748	0.006676	0.006676
7	0.006081	0.006081	0.006147	0.006147	0.007056	0.007056
6	0.006323	0.006323	0.006401	0.006401	0.007269	0.007269
5	0.006337	0.006337	0.006424	0.006424	0.007227	0.007227
4	0.006053	0.006053	0.006142	0.006142	0.006838	0.006838

**Tabla 67***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X (continuación)*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
3	0.005361	0.005361	0.005445	0.005445	0.005997	0.005997
2	0.00415	0.00415	0.004219	0.004219	0.004573	0.004573
1	0.001862	0.001862	0.001893	0.001893	0.002107	0.002107

**Tabla 68***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
10	0.001493	0.001493	0.001156	0.001156	0.001823	0.001823
9	0.001864	0.001864	0.001446	0.001446	0.002212	0.002212
8	0.002289	0.002289	0.001774	0.001774	0.002626	0.002626
7	0.002696	0.002696	0.002086	0.002086	0.003024	0.003024
6	0.00304	0.00304	0.002351	0.002351	0.003352	0.003352
5	0.003277	0.003277	0.002533	0.002533	0.003559	0.003559
4	0.003368	0.003368	0.002609	0.002609	0.003593	0.003593
3	0.003225	0.003225	0.002510	0.002510	0.003383	0.003383
2	0.002756	0.002756	0.002193	0.002193	0.002823	0.002823
1	0.001401	0.001401	0.001173	0.001173	0.001502	0.001502

**C) Fuerza axial máxima en columnas****Tabla 69***Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas*

	BIM ETABS (Tn)	ETABS (Tn)	BIM SAP (Tn)	SAP (Tn)	BIM ROBOT (Tn)	ROBOT (Tn)
EJE 1-C	323.2961	323.2961	317.1736	317.1736	285.64	285.64

**4.1.5.2.3. Análisis del modelo de 15 pisos**

En la siguiente figura se muestra los modelos realizados en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.



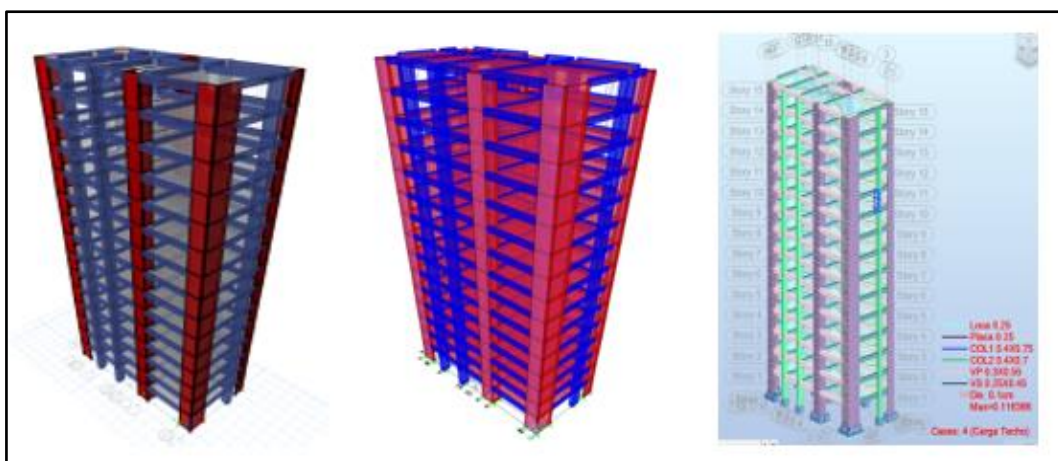


Figura 90. Modelo 15 pisos forma rectangular en Etabs, Sap2000 y Robot

#### A) Coeficientes de participación

- T: Periodo de vibración en segundos.
- Mx, My: Porcentaje de masa participativa por cada modo en cada dirección del análisis.

**Tabla 70**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.076	69.221	0.160	1.095	69.000	0.175	1.457	69.184	0.359
2	0.755	69.231	65.244	0.771	69.007	65.175	1.081	69.250	67.351
3	0.671	70.683	75.908	0.687	70.521	75.175	0.915	70.219	75.146
4	0.285	85.584	75.943	0.290	85.521	75.216	0.380	85.158	75.253
5	0.229	85.586	87.417	0.234	85.525	86.216	0.322	85.232	86.516
6	0.197	86.251	88.519	0.202	86.206	87.290	0.262	85.663	87.485
7	0.132	91.352	88.571	0.134	91.301	87.356	0.173	90.881	87.790
8	0.119	91.366	92.692	0.121	91.324	91.478	0.163	91.119	92.066
9	0.099	91.726	92.910	0.101	91.692	91.691	0.128	91.319	92.296
10	0.090	91.751	92.944	0.091	91.719	91.724	0.103	91.910	94.436
11	0.083	91.859	92.958	0.084	91.823	91.734	0.100	94.260	94.861
12	0.080	92.083	93.645	0.081	92.111	92.526	0.082	94.261	94.867

**Tabla 71***Metodología BIM – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	1.076	69.221	0.160	1.095	69.000	0.175	1.457	69.184	0.359
2	0.755	69.231	65.244	0.771	69.007	65.175	1.081	69.250	67.351
3	0.671	70.683	75.908	0.687	70.521	75.175	0.915	70.219	75.146
4	0.285	85.584	75.943	0.290	85.521	75.216	0.380	85.158	75.253
5	0.229	85.586	87.417	0.234	85.525	86.216	0.322	85.232	86.516
6	0.197	86.251	88.519	0.202	86.206	87.290	0.262	85.663	87.485
7	0.132	91.352	88.571	0.134	91.301	87.356	0.173	90.881	87.790
8	0.119	91.366	92.692	0.121	91.324	91.478	0.163	91.119	92.066
9	0.099	91.726	92.910	0.101	91.692	91.691	0.128	91.319	92.296
10	0.090	91.751	92.944	0.091	91.719	91.724	0.103	91.910	94.436
11	0.083	91.859	92.958	0.084	91.823	91.734	0.100	94.260	94.861
12	0.080	92.083	93.645	0.081	92.111	92.526	0.082	94.261	94.867

**B) Control de desplazamientos laterales****Tabla 72***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
15	0.004731	0.004731	0.004716	0.004716	0.006390	0.006390
14	0.005040	0.005040	0.004991	0.004991	0.006722	0.006722
13	0.005400	0.005400	0.005337	0.005337	0.007100	0.007100
12	0.005767	0.005767	0.005700	0.005700	0.007498	0.007498
11	0.006100	0.006100	0.006046	0.006046	0.007875	0.007875
10	0.006374	0.006374	0.006343	0.006343	0.008199	0.008199
9	0.006572	0.006572	0.006570	0.006570	0.008445	0.008445
8	0.006679	0.006679	0.006707	0.006707	0.008585	0.008585
7	0.006674	0.006674	0.006731	0.006731	0.008591	0.008591
6	0.006536	0.006536	0.006615	0.006615	0.008421	0.008421
5	0.006227	0.006227	0.006320	0.006320	0.008022	0.008022
4	0.005701	0.005701	0.005797	0.005797	0.007324	0.007324
3	0.004875	0.004875	0.004964	0.004964	0.006234	0.006234
2	0.003659	0.003659	0.003731	0.003731	0.004633	0.004633
1	0.001620	0.001620	0.001656	0.001656	0.002080	0.002080

**Tabla 73***Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y*

<b>Piso</b>	<b>BIM ETABS</b>	<b>ETABS</b>	<b>BIM SAP</b>	<b>SAP</b>	<b>BIM ROBOT</b>	<b>ROBOT</b>
15	0.001842	0.001842	0.001519	0.001519	0.002172	0.002172
14	0.002151	0.002151	0.001775	0.001775	0.002522	0.002522
13	0.002511	0.002511	0.002073	0.002073	0.002909	0.002909
12	0.002881	0.002881	0.002378	0.002378	0.003318	0.003318
11	0.003233	0.003233	0.002672	0.002672	0.003720	0.003720
10	0.003551	0.003551	0.002942	0.002942	0.004096	0.004096
9	0.003826	0.003826	0.003177	0.003177	0.004429	0.004429
8	0.004049	0.004049	0.003372	0.003372	0.004707	0.004707
7	0.00421	0.00421	0.003515	0.003515	0.004912	0.004912
6	0.004297	0.004297	0.003599	0.003599	0.005022	0.005022
5	0.004285	0.004285	0.003602	0.003602	0.005004	0.005004
4	0.004142	0.004142	0.003504	0.003504	0.004810	0.004810
3	0.003787	0.003787	0.003236	0.003236	0.004365	0.004365
2	0.003123	0.003123	0.002728	0.002728	0.003540	0.003540
1	0.001581	0.001581	0.001438	0.001438	0.001806	0.001806

**C) Fuerza axial máxima en columnas****Tabla 74***Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas.*

	<b>BIM ETABS (Tn)</b>	<b>ETABS (Tn)</b>	<b>BIM SAP (Tn)</b>	<b>SAP (Tn)</b>	<b>BIM ROBOT (Tn)</b>	<b>ROBOT (Tn)</b>
EJE 1-C	320.4515	320.4515	311.2831	311.2831	322.5832	322.5832

**4.1.5.3. Modelo configurado**

Los resultados pueden sufrir variaciones considerables dependiendo de qué configuraciones se le apliquen al modelo, como por ejemplo la discretización de los elementos estructurales, definición de los brazos rígidos. Para una muestra de estas variaciones se toma el modelo de 5 pisos rectangular, el cual se muestran sus resultados en las siguientes tablas.

4.1.5.3.1. Análisis del modelo de 5 pisos rectangular.

A) Coeficientes de participación

**Tabla 75**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.404	11.440	14.770	0.404	12.837	12.981	0.404	12.422	16.718
2	0.348	68.200	28.180	0.353	68.284	27.777	0.351	68.185	31.383
3	0.271	72.760	77.030	0.283	73.440	77.568	0.271	72.804	76.804
4	0.114	73.540	80.330	0.114	74.202	80.910	0.113	73.670	80.743
5	0.085	88.370	84.090	0.086	88.979	84.423	0.086	88.545	84.488
6	0.078	91.820	92.860	0.079	92.137	93.093	0.078	91.870	92.951
7	0.061	91.830	92.870	0.060	92.154	93.104	0.056	92.155	94.119
8	0.059	91.830	92.873	0.059	92.157	93.105	0.050	92.158	94.133
9	0.058	91.834	92.913	0.057	92.157	93.128	0.049	92.158	94.134
10	0.057	92.074	93.903	0.057	92.351	94.368	0.047	92.164	94.134
11	0.054	92.084	93.913	0.054	92.358	94.374	0.045	92.166	94.143
12	0.051	92.094	93.953	0.051	92.368	94.409	0.043	92.372	95.226

**Tabla 76**

*Metodología tradicional – Periodo de vibración y porcentaje de masa participativa*

MODO	ETABS			SAP			ROBOT		
	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)	T (s)	Mx (%)	My (%)
1	0.404	11.440	14.770	0.404	12.837	12.981	0.404	12.422	16.718
2	0.348	68.200	28.180	0.353	68.284	27.777	0.351	68.185	31.383
3	0.271	72.760	77.030	0.283	73.440	77.568	0.271	72.804	76.804
4	0.114	73.540	80.330	0.114	74.202	80.910	0.113	73.670	80.743
5	0.085	88.370	84.090	0.086	88.979	84.423	0.086	88.545	84.488
6	0.078	91.820	92.860	0.079	92.137	93.093	0.078	91.870	92.951
7	0.061	91.830	92.870	0.060	92.154	93.104	0.056	92.155	94.119
8	0.059	91.830	92.873	0.059	92.157	93.105	0.050	92.158	94.133
9	0.058	91.834	92.913	0.057	92.157	93.128	0.049	92.158	94.134
10	0.057	92.074	93.903	0.057	92.351	94.368	0.047	92.164	94.134
11	0.054	92.084	93.913	0.054	92.358	94.374	0.045	92.166	94.143
12	0.051	92.094	93.953	0.051	92.368	94.409	0.043	92.372	95.226

## B) Control de desplazamientos laterales

**Tabla 77**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje X*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.003065	0.003065	0.003081	0.003081	0.003153	0.003153
4	0.003312	0.003312	0.003345	0.003345	0.003425	0.003425
3	0.003264	0.003264	0.003352	0.003352	0.003384	0.003384
2	0.002784	0.002784	0.002926	0.002926	0.002889	0.002889
1	0.001503	0.001503	0.001642	0.001642	0.001566	0.001566

**Tabla 78**

*Metodología BIM vs tradicional - derivas por análisis dinámico eje Y*

Piso	BIM ETABS	ETABS	BIM SAP	SAP	BIM ROBOT	ROBOT
5	0.001247	0.001247	0.001332	0.001332	0.001273	0.001273
4	0.001478	0.001478	0.001565	0.001565	0.001496	0.001496
3	0.001573	0.001573	0.001675	0.001675	0.001584	0.001584
2	0.001450	0.001450	0.001568	0.001568	0.001452	0.001452
1	0.000888	0.000888	0.001030	0.001030	0.000884	0.000884

## C) Fuerza axial máxima en columnas

**Tabla 79**

*Metodología BIM vs tradicional - Fuerza axial máxima en columnas*

	BIM ETABS (Kg)	ETABS (Kg)	BIM SAP (Kg)	SAP (Kg)	BIM ROBOT (Kg)	ROBOT (Kg)
EJE 1-C	38625.97	38625.97	38700.73	38700.73	38773.63	38773.63

### 4.1.5.3.2. Configuración

En el modelo de Robot no se realizó ninguna configuración, en Sap2000 y Etabs solo se configuró las propiedades de la sección de los elementos tipo barra, esto se detalla en los siguientes párrafos.

Las propiedades de sección del elemento estructural se calculan por defecto, esto se muestra tomando como ejemplo la Columna 3 del modelo de 5 pisos rectangular en las siguientes imágenes, resaltando las propiedades que son necesarias para realizar el análisis manualmente, calculo que es válido ya que coincide con los resultados que Robot emite sin ninguna configuración.

Frame Section Properties

Property Name

Section Name: COL3 0.25X0.45

Base Material: CONCRETO 210

Properties

Item	Value
Area, m2	0.1125
AS2, m2	0.0937
AS3, m2	0.0937
I33, m4	0.001898
I22, m4	0.000586
S33Pos, m3	0.008438
S33Neg, m3	0.008438
S22Pos, m3	0.004688
S22Neg, m3	0.004688
R33, m	0.1299
R22, m	0.07217
Z33, m3	0.012656
Z22, m3	0.007031
J, m4	0.00153
CG Offset 3 Dir, m	0
CG Offset 2 Dir, m	0
PNA Offset 3 Dir, m	0
PNA Offset 2 Dir, m	0

OK Cancel

Figura 91. Propiedades de sección por defecto en Etabs - Columna 3

Property Data

Section Name: COL3 0.25X0.45

Properties

Cross-section (axial) area	0.1125	Section modulus about 3 axis	8.438E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.898E-03	Section modulus about 2 axis	4.688E-03
Moment of Inertia about 2 axis	5.859E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.0127
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.031E-03
Shear area in 2 direction	0.0938	Radius of Gyration about 3 axis	0.1299
Shear area in 3 direction	0.0938	Radius of Gyration about 2 axis	0.0722
Torsional constant	1.530E-03	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

OK

Figura 92. Propiedades de sección por defecto en Sap2000 – Columna 3

De entre todas las propiedades que se generan automáticamente en la creación del elemento estructural, la propiedad que influencia en la variación de resultados es el Área de Corte, pero al extraer la información de un software externo, los elementos ya se presentan generados, por lo que modificar las propiedades eliminando las que no se requiere no es posible directamente a través de la opción Propiedades de la Sección, por lo que se configura la Propiedades de Sección a través de la opción Factor de Modificación de Propiedad, entonces la propiedad que se modificó se muestra en las siguientes imágenes.

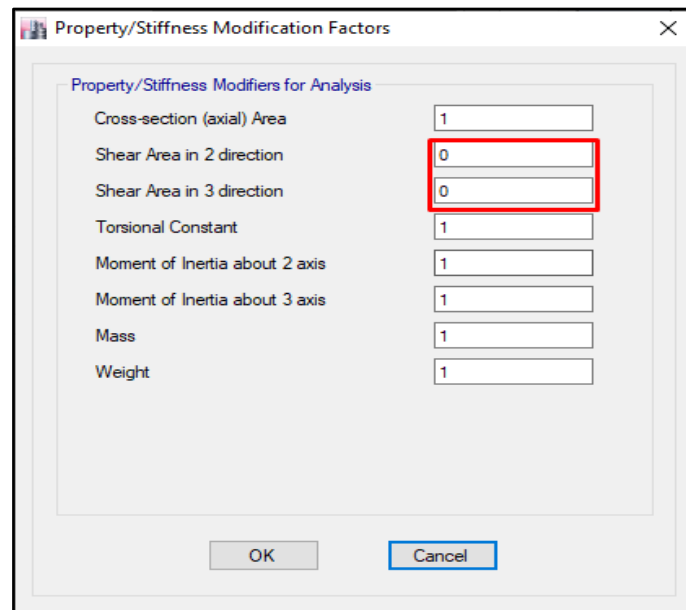


Figura 93. Configuración factor de modificación de propiedad en Etabs – Columna 3

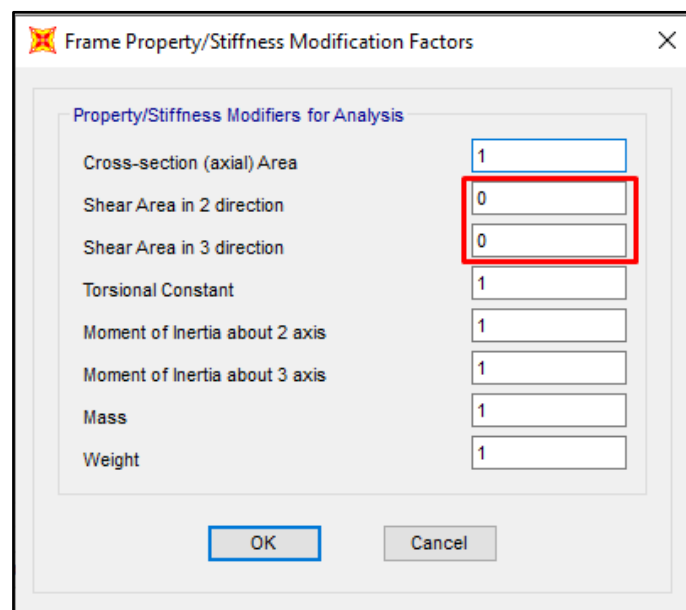


Figura 94. Configuración factor de modificación de propiedad en Sap2000 – Columna 3

## **4.2. Discusión**

### **4.2.1. Lenguaje IFC**

El lenguaje IFC es el que se ha desarrollado para lograr la interoperabilidad BIM, es decir que la información que contiene las herramientas BIM de cada una de las especialidades que intervienen en un proyecto puedan ser enviadas a un solo modelo federado y desde este a la vez pueda ser devuelto a su origen, por lo tanto se hace necesario conocer el funcionamiento del lenguaje IFC a través de un archivo IFC analizándolo, dicho análisis se realizó en el acápite 4.1.1.

Dentro del archivo IFC, ya que es un código abierto, se puede navegar a lo largo de la estructura del lenguaje IFC, ver cómo se compone y cómo funciona; en resumen, el lenguaje IFC son líneas de códigos extensas que representan y describen la información de un modelo de manera escrita, por lo tanto, al ser un código abierto y de relativo fácil entendimiento es adecuado para lograr la interoperabilidad BIM ya que cualquier compañía desarrolladora de software que quiera ser parte de la iniciativa OpenBIM puede incorporarlo en su base de datos y de esta manera reconocer y emitir archivos IFC.

Una de las cosas temas más tediosos y engorrosos de entender o aprender de la metodología BIM es la interoperabilidad, siendo más específico el uso del lenguaje IFC, por lo que requiere dedicarle la atención necesaria hasta comprenderlo, pero en el afán de aprender algo rápidamente, solo se le presta atención al uso práctico, por lo que al momento de una dificultad no funciona, lo que conlleva a desinteresarse del tema y dejar de lado el lenguaje IFC, utilizando otros medios que reemplacen el lenguaje IFC, pero por no darle la atención necesaria al IFC se incurre en el incremento de gastos.

### **4.2.2. Transferencia de información**

Aunque el lenguaje IFC se desarrolló para lograr la interoperabilidad BIM, siempre seguirá en un proceso de perfeccionamiento debido a la mejora continua por parte de las herramientas BIM, para el caso de la especialidad de ingeniería estructural, los softwares estructurales, por lo que se vuelve necesario evaluar el éxito de la transferencia de la información de un software a otro, verificando si los elementos de un modelo se generan intactos en un software distinto al de origen, de esta manera en el acápite 4.1.2 se realizó una verificación del proceso de interoperabilidad BIM en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

Los primeros resultados sugieren que el proceso de interoperabilidad BIM no se llevó a cabo con éxito, ya que la información no se transmite completamente, esta transferencia incompleta es debido a que los software receptores no reconocían algunos códigos, debido



al su forma de estructurar y el idioma a la hora de etiquetar a elementos, ya que hay que tener en cuenta que el lenguaje en programación o informática es muy estricto, no se puede esperar que el receptor lea un código estructurado de forma diferente al que tiene en su base de datos. Así mismo modificar el idioma no es problema ya que el software de origen que se utiliza es Revit, en el cual el cambio del idioma es sencillo, en cambio si bien la modificación de las etiquetas no es compleja, es muy tardado y tedioso realizarlo manualmente dependiendo de la complejidad o tamaño del proyecto, por lo que para el caso de Sap2000 y Etabs siendo softwares creados por una misma compañía tienen la opción de utilizar un complemento llamado CSIXRevit, con el cual ese proceso de extracción de datos necesarios se realizará automáticamente y no se presentará perdidas de información y para el caso de Robot, Revit al pertenecer a la misma compañía que Robot tiene la opción de poder enviar directamente el modelo sin que se genere perdida de información, de esta forma el proceso de interoperabilidad BIM se puede llevar a cabo con éxito optimizando el tiempo, lo que se muestra en la segunda parte de los resultados

Hay que tener en cuenta que el uso de métodos como CSIXRevit y transferencia directa de Revit, no emiten los archivos IFC, ya que en caso de CSIXRevit es un archivo con una extensión diferente y en caso de Revit, no genera ningún archivo, para obtener archivos IFC se tendría que generar desde Revit.

#### **4.2.3. Protocolos**

Aunque se tenga una idea o concepto bastante solido sobre la metodología BIM, aún sigue siendo difícil aplicarlo, ya que no se tiene clara la forma de aplicarlo, en ese sentido el acápite 4.1.3 y el Apéndice A proporciona protocolos que de seguirse puedan mejorar la asimilación del flujo de trabajo BIM estructural, como también se puede usar el Apéndice C para el control adecuado de ello, de este modo quien esté involucrado con la ingeniería estructural y tenga interés por la metodología BIM pueda adoptarla.

Entonces para lograr que se asimile el flujo de trabajo BIM estructural se desarrollaron protocolos con 2 fines o niveles distintos, pero que juntos conducen al objetivo, lo que se presenta en el acápite 4.1.3 se direcciona a una asimilación a nivel de software, lo cual hace posible el éxito la interoperabilidad BIM, en cuanto al Apéndice A se direcciona a una asimilación a nivel del usuario, lo cual permite el trabajo colaborativo multidisciplinar y multiusuario, una vez se utilice estos 2 protocolos en conjunto, se puede comenzar a decir que se está aplicando la metodología BIM, pero para en la especialidad de ingeniería estructural.

Ya que la metodología BIM engloba todo el ciclo de vida de un proyecto, desarrollar los protocolos necesarios para cada una de las especialidades y las diferentes etapas, significaría generar documentos muy extensos, lo que demandaría tener conocimientos sólidos de las herramientas BIM de cada especialidad, así como también del desarrollo de cada etapa, por lo cual, los protocolos que se generaron están direccionados para la especialidad de ingeniería estructural y a la fase de elaboración del proyecto, pero esto no significa que absolutamente toda la información de los protocolos no se puedan usar en otras especialidades o fases, ya que muchas partes pueden ser extrapoladas para ser utilizadas fuera del BIM estructural.

#### **4.2.4. Tiempo de generación de modelos**

Al realizar una búsqueda sobre que es la metodología BIM y lo que ofrece, uno de los beneficios al cual se denomina de varias formas es la optimización del tiempo, reducción de plazos o ahorro de tiempo lo que consecuentemente reduce los costos, por lo que en el acápite 4.1.4 se registró el tiempo que significó generar un mismo modelo de forma tradicional y con la metodología BIM para poder definir si es real el ahorro de tiempo que la metodología BIM ofrece.

Los resultados muestran que se invierte más tiempo en el modelado por la metodología BIM por que requiere incorporar información adicional para su posterior uso, que uno que se realiza tradicionalmente, aunque si se analiza solo el tiempo del modelado estructural en los softwares estructurales se podría considerar como una reducción muy considerable del tiempo, pero no sería correcto analizarlo de esta forma, ya que para la metodología BIM Estructural es requerido el modelado previo del cual se extraiga la información y se utilice en un software estructural, por lo que los resultados indicarían que la hipótesis planteada es negada, de manera que se podría interpretar como que el beneficio de ahorro de tiempo que ofrece la metodología BIM es falso, pero hay que tener en cuenta que la hipótesis se planteó únicamente a nivel de modelado y solo generar modelos no es hacer BIM, sino que BIM abarca todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción y el modelo es la forma en cómo se almacena el conjunto de información necesaria para cada etapa del proyecto, por lo tanto, el tiempo extra que se requiere en el modelado para incluir esta información se recuperará por mucho, para el caso de BIM Estructural, el tiempo se recupera al momento de un nuevo análisis de la misma estructura debido a modificaciones del proyecto, cuando se realice todos los detalles para generar los planos, al momento de realizar la cuantificación de los materiales y en la generación del presupuesto.

Cuando se comienza con el aprendizaje de algún tema, se suele ignorar la parte teórica y pasar lo más pronto posible a la práctica, es decir que se le da más importancia al “hacer” que al “entender”, esto se refleja en la aceptación del BIM, ya que erróneamente se entiende a la metodología BIM como un software, lo que lleva a pensar en que el tiempo que ofrece reducir se centra solo en el modelado y al darse cuenta de que esto no es así, se desiste de seguir aprendiendo y se pierde completamente el interés.

#### **4.2.5. Análisis estructural de los modelos utilizados**

En el acápite 4.1.5 se pretendió evaluar si la interoperabilidad BIM al manipular la información para ser utilizada en un software distinto al de origen, produciría resultados incorrectos producto una de lectura incompleta, incorrecta o fallida de la información por parte del software estructural receptor a través del análisis estructural de un mismo modelo en diferentes softwares estructurales, ya que el proceso de análisis recoge toda la información que se le suministra al modelo estructural y la utiliza para determinar el comportamiento o respuesta estructural por medio un procedimiento de cálculo matemático interno.

Los resultados mostraron que existe una diferencia razonable-considerable entre cada uno de los softwares utilizados. Razonable porque se tiene que tener en cuenta de que los softwares tienen configuraciones propias internas. Considerable porque se debe considerar que los softwares estructurales utilizan un mismo método de análisis, el método de elementos finitos, por lo que si se trabaja bajo un mismo procedimiento matemático los resultados tendrían que ser iguales. Pero si se compara la forma tradicional con la metodología BIM los resultados son los mismos. Por lo tanto y teniendo en consideración que entre comparando los resultados entre los softwares utilizados hay diferencias y que el método BIM comparado con el tradicional para el modelado, los resultados son los mismos, la hipótesis podría ser confirmada, pero dado que OpenBIM se refiere a la posibilidad para todos de formar parte o ingresar al mundo BIM y diferencias considerables en los resultados podrían significar superioridad de precisión, por lo tanto es necesario descartar o aclarar esta posibilidad; para esto se realizó un par de análisis complementarios utilizando un modelo muy simple constituido solo por elementos tipo barra para incluir un cálculo manual a partir del cual y en comparación con los softwares tendríamos que obtener exactamente los mismos resultados, los cuales se pueden ver en Apéndice B, esto permitió reconocer el motivo por el que se generan las diferencias, el cual es que los softwares calculan las propiedades geométricas de los elementos automáticamente, pero en comparación del cálculo manual solo se requieren el área de la sección transversal, la constante torsional y las inercias tanto para su eje x como para su eje y; por lo tanto considerando solo estas propiedades geométricas los resultados de los softwares resultaron ser exactamente iguales al cálculo manual, cabe

aclarar que eliminar las propiedades geométricas fuera de las que se mencionaron, no se hizo por gusto o en el afán de conseguir resultados iguales, si no que Robot corroboró este método de cálculo manual y las configuraciones que se hicieron en Sap2000 y Etabs, ya que Robot sin realizar ninguna configuración coincidió los resultados con el cálculo manual. Entonces teniendo en cuenta estas configuraciones, se aplicó al modelo rectangular de 5 pisos y se puede notar que los resultados que se obtuvieron se redujeron drásticamente obteniendo incluso en algunos casos resultados exactamente iguales, pero aún hay que tener en cuenta que las configuraciones que se aplicaron son resultado de un análisis 3D de elementos tipo barra, más no de elementos planos o sólidos ya que estos son más complejos y sobre todo muy extensos dependiendo de la discretización, pero de analizar estos elementos y verificar que información es la que se necesita ingresar en el software, los resultados de un análisis que cuenta con este tipo de elementos deberían ser los mismos.

Para la metodología BIM existen muchas herramientas para las diferentes especialidades, buscar cual es la mejor puede considerarse absurdo, ya que cuando uno se propone a aprender, generalmente solo se domina las herramientas comunes o solo las que se necesita para generar resultados, desconociendo gran parte o la mayoría de la herramienta y no solo eso, sino que también se desconoce los principios o cual es la forma bajo la cual la herramienta está realizando los procesos internos, por el contrario cuando si se realiza correctamente el aprendizaje de la herramienta, se puede percatar que no existe como tal una herramienta superior a los demás. Para el BIM Estructural es lo mismo, si no se llega a dominar la herramienta que se va a utilizar y se desconoce su funcionamiento interno no se puede pretender que se aprovechará los beneficios que ofrece la metodología BIM.

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

Debido al gran cambio en el que se encamina el sector de la construcción en el Perú a causa de la implementación BIM y posterior obligatoriedad se convierte en responsabilidad de todos los involucrados en este sector de formar parte del cambio, tanto de los profesionales que ya van implementando esta metodología, compartiendo sus experiencias y de los que aún se están formando en las universidades generando conocimientos para la aplicación de esta metodología, pero se tiene que dejar claro que no se trata de solo un cambio de flujo de trabajo o uso de nuevas herramientas, sino de un cambio de pensamiento o mentalidad, ya que solo así se podrá tener una adaptación a este cambio fluidamente y en especial se podrá gozar de los beneficios que éste significa, en este sentido, a través del presente trabajo de investigación se ha podido dejar claro algunas de las más importantes inquietudes que los nuevos usuarios que tienen el interés de dar el paso al cambio con BIM pueden llegar a plantearse y se propone una forma de llevar a cabo el flujo de trabajo BIM para la ingeniería estructural teniendo en cuenta que su intervención en la etapa de diseño será el diseño preliminar o predimensionamiento, análisis estructural, diseño final y documentación.

De acuerdo al análisis que se realizó del lenguaje IFC: se puede definir como la forma en que se transmite la información tanto gráfica como escrita de un modelo a través de líneas de códigos que no son más que una descripción escrita de dicha información, se puede reconocer las características de ser gratuito y abierto y se puede afirmar que gracias a sus características permite su modificación y adaptación en cualquier software, lo que conlleva a que este lenguaje se ubique como el medio más adecuado para lograr la interoperabilidad OpenBIM.

Si bien por las características del lenguaje IFC es el medio más adecuado para lograr la interoperabilidad BIM existen varias versiones que se han ido desarrollando, ya que todos los softwares evolucionan constantemente, estas versiones no se han implementado en su totalidad en los softwares por lo que la versión más usada es la versión 2X3 ya que por su antigüedad y su desarrollo considerable muchos softwares la comparten, por lo tanto dicha versión es la que se evaluó, mostrando que si se trabaja con el archivo IFC de origen sin modificaciones los softwares no reconocen la totalidad de información que se envía debido a la manera en cómo definen a sus elementos o la estructura interna que presenta, por lo que no garantiza y genera ambigüedad en la interoperabilidad BIM en los softwares Sap2000, Etabs y Robot.

Se desarrollaron protocolos que pueden permitir la asimilación de la metodología BIM para la especialidad de estructural, también conocido como BIM Estructural ya que está trabajado tanto a nivel de software como a nivel de usuario.

La metodología BIM tiene un tiempo considerable de estar en desarrollo e implementación para el sector AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), a pesar de esto se generó y mantiene hasta la actualidad la creencia de que BIM es un software, pero la metodología BIM se refiere a una gestión integral de la información de un proyecto de construcción por medio de un modelo 3D único, entonces en función a esta definición el proceso de modelado o el modelo 3D son un medio, más no un fin que se realiza utilizando software, por lo tanto se puede afirmar que atribuir todos los beneficios que supone implementar BIM al uso de un software es incorrecto, ya que analizando solo uno de los beneficios más importantes que es el ahorro de tiempo puede dar cuenta de esto, debido a que el tiempo que se emplea para generar un modelo bajo la metodología BIM es mayor que realizar un modelo de manera tradicional y esto no supone que el ahorro de tiempo es falso, sino que se está comparando incorrectamente la metodología BIM como el uso de un software o la generación de un modelo, el ahorro del tiempo se muestra cuando finalmente se utiliza y aprovecha la información contenida en el modelo para el fin o fines determinados o planeados anteriormente a la generación del modelo.

Para el campo de la ingeniería estructural una de las herramientas para el análisis estructural que se considera como software BIM es Autodesk Robot Structural Analysis Professional, pero se malentiende el término software BIM creyendo que utilizándolo se está haciendo BIM y por esto se cree que es necesario cambiar de software estructural. Pero después de realizar una comparativa de resultados entre Sap2000, Etabs y Robot aplicando métodos tradicionales y metodología BIM se puede afirmar que individualmente cada software reconoce, lee y utiliza correctamente la información proveniente de un software diferente, es decir que la interoperabilidad se realiza con éxito ya que los resultados son iguales; también se puede afirmar ningún software tiene una precisión mayor o mayor aproximación de la respuesta estructural a la realidad por encima de otro ya que se puede obtener resultados iguales. Y en general se puede interpretar que los softwares Sap200, Etabs y Robot son herramientas en igualdad de condiciones y sin distinción para fines aplicar la metodología BIM y para fines de obtener la respuesta estructural de una edificación, ya que las diferencias que se perciben dependen de las configuraciones que se les aplique a los modelos estructurales y esto a su vez dependerá del conocimiento del software tanto del uso de sus opciones y del proceso interno de cálculo que realiza.

## 5.2. Recomendaciones

Para ingresar o ser parte del mundo BIM con éxito, se puede notar algunos puntos clave que harán posible esto, conocimientos teóricos sólidos y puesta en marcha o aplicación práctica de los conocimientos adquiridos, aunque primeramente se realizará a través de las guías, normativa o protocolos que están publicadas en la red, ya sea de trabajos de investigación de BIM, profesionales especialistas en BIM, instituciones que imparten conocimiento BIM o de estados que ya implementaron BIM. Pero sobre todo y como punto principal se recomienda que desde el principio se tenga una mentalidad abierta al cambio o a la adaptación al cambio, solo esto permitirá llevar hasta el máximo la implementación BIM.

Exportar IFC desde un software de modelado como Revit para importarlo a otro software como Sap2000, Etabs o Robot puede causar la pérdida de información del modelo. La recomendación es tener mucho cuidado al realizar estas operaciones para que no se pierdan datos en el proceso.

La pérdida de información en los flujos de trabajo CAD parece resurgir cuando se trata del formato IFC, lo que dificulta su popularización. Si seguimos la metodología BIM, queda claro que la IFC puede ser extremadamente útil si conocemos sus limitaciones. Para esto, se deben realizar pruebas para garantizar que el formato IFC se pueda utilizar en cada caso específico.

Constantemente se observa que la producción en las diversas industrias aumenta constantemente, esto es debido a que tienen un proceso adecuado y constantemente implementan un mejor, pero sin embargo en la construcción vemos que la metodología que se usa es de años mucho antes, con esto queremos decir que si usamos un proceso adecuado o protocolos podremos aumentar considerablemente la producción.

Se debe determinar claramente para que se va a utilizar el modelo, de este modo se puede evitar el sobremodelado que genera tiempo de modelado innecesario e información sobrante y de este modo se puede tener un espacio de trabajo en el software más limpio y ahorro de tiempo, eliminando en lo posible los trabajos innecesarios que se puede considerar como perdidas. En función a la comodidad y criterio del modelador, este debe desarrollar una estructura de modelado bajo el cual se guíe para el proceso de modelado, agilizándolo y reduciendo errores.

Para realizar la idealización de la estructura se realizan muchas simplificaciones con el fin de acortar el problema, por esto se debe tener en consideración que es lo relevante y no relevante para cada caso particular de análisis estructural al que se tenga que afrontar, ya que los softwares realizan cálculos automáticos internamente que pueden no ser necesarios.

La idealización o generación del modelo analítico se debe realizar de forma simple evitando la generación de excentricidades al no coincidir los analíticos de elementos consecutivos, excepto para los elementos de contorno que coinciden con el límite del terreno, ya que considerar estas excentricidades sería una forma de aproximarse más al comportamiento estructural real.



## REFERENCIAS

- AEC (UK) (2012). AEC (UK) BIM protocol Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry, Version 2.0. Recuperado de: <https://aecuk.files.wordpress.com/2012/09/aecukbimprotocol-v2-0.pdf>
- Akio (2017). Leveraging the Full Value of BIM's Interoperability Potential. Dassault Systemes. Recuperado de: <https://blogs.3ds.com/perspectives/leveraging-full-value-bims-interoperability-potential-2/>.
- Almeida, A. (2019). BIM en el Perú. Recuperado de: <https://rpp.pe/columnistas/alexandrealmeida/bim-en-el-peru-noticia-1190692>.
- Antico, F., y Pezzotti, S. (2008). Estructuras III introducción a la teoría de elementos finitos. Recuperado de: [https://www.academia.edu/18717035/Introduccion\\_a\\_la\\_Teoria\\_de\\_Elementos\\_Finitos\\_por\\_universidad\\_del\\_plata](https://www.academia.edu/18717035/Introduccion_a_la_Teoria_de_Elementos_Finitos_por_universidad_del_plata).
- Autodesk Inc. (s.f.a). Revit. Recuperado de: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/overview>.
- Autodesk Inc. (s.f.b). Robot Structural Analysis Professional. Recuperado de: <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview>.
- Autodesk Knowledge Network. (s.f.). Acerca de Robot Structural Analysis Professional. Recuperado de: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Revit-Analyze/files/GUID-7CCD1413-93C6-4BD7-824B-7AB47E2AC71A-htm.html>.
- Autodesk. (2014). Directiva del Parlamento Europeo para estimular la adopción de BIM en 28 países de la UE. Revisado el 25 de mayo de 2015, de [http://inthefold.autodesk.com/in\\_the\\_fold/2014/01/european-parliament-directive-to-spur-bim-adoption-in-28-eu-countries.html](http://inthefold.autodesk.com/in_the_fold/2014/01/european-parliament-directive-to-spur-bim-adoption-in-28-eu-countries.html).
- Behar, R., Daniel, S. (2008). Metodología de la investigación. Recuperado de: <https://es.calameo.com/books/004416166f1d9df980e62>.

Bergin, M. (2011). Una breve historia de BIM, Architecture Research Lab. Consultado el 25 de mayo de 2019, de <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>.

Borja, D., Francisco, J. (2017). *Aplicación de la metodología BIM, en el ciclo de vida de estructuras industriales para instalaciones mecánicas* (Tesis de máster). Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España.

Borja, S., Manuel. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Recuperado de: [https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil?from\\_action=save](https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil?from_action=save).

BuildingSMART Internacional. (s.f.b). Acerca de buildingSMART. Recuperado de: <http://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/>.

BuildingSMART International (s.f.). Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction. Recuperado de: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>.

BuildingSMART International. (2019). IFC Certification Participants. Recuperado de: <https://technical.buildingsmart.org/services/certification/ifc-certification-participants/>.

BuildingSMART International. (s.f.a). What is openBIM. Recuperado de: <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/>.

BuildingSMART Spain (2014). *Guías Ubim*. Recupero de: <https://www.buildingsmart.es/bim/guías-ubim/>.

Castañeda, J. (2013). Tipos y diseños de investigación. SlideShare. Recuperado de: <https://pt.slideshare.net/joselyn091/tipos-y-diseos-de-investigacion-27787039/14>.

Chacón, D., y Cuervo, G. (2017). *Implementación de la metodología BIM para elaborar proyectos mediante el software Revit* (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela.

Chong, H.-Y., Preece, C., & Rogers, J. (2014). BIM Update 2013: A Mixed Review Approach From Academia And Industry. *Trends and Development in Management Studies*, 3(1), 1–21.

Choque, E., Renzo. [Xtructurart Ingeniería]. (2019, enero 27). Análisis estructural modelo analítico [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=DF8b8DZSMMo>.

Construcción de bouygues. (2014). Construyendo antes de construir: la revolución BIM. Recuperado de: [http://www.bimgeneration.com/english/pdf/bim-book\\_25x30.pdf](http://www.bimgeneration.com/english/pdf/bim-book_25x30.pdf).

Cortínez, V., y Girón, P. (s.f.). El método de los elementos finitos en la ingeniería práctica. Recuperado de: <https://www.frbb.utn.edu.ar/utec/utec/9/n03.html>.

CSI Spain. (s.f.a). Sap2000. Recuperado de: <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>.

CSI Spain. (s.f.b). Etabs. Recuperado de: <https://www.csiespana.com/software/5/etabs#submenu-top>.

Decreto Legislativo N°1252. Decreto Legislativo que Crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, Decreto Supremo N°284-2018-EF, Lima, Perú, 09 de diciembre de 2018.

Decreto Supremo N°237. Plan Nacional de Competitividad y Productividad, Lima, Perú, 28 de julio de 2019.

Dhillon, R. K., Jethwa, M., & Rai, H. S. (2014). Extracting Building Data from BIM with IFC. Int. J. on Recent Trends in Engineering and Technology, 11(1).

Díaz, P. y Fernández, P. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. Recuperado de: [https://www.fisterra.com/gestor/upload/guias/cuanti\\_cuali2.pdf](https://www.fisterra.com/gestor/upload/guias/cuanti_cuali2.pdf).

Dobim. (2018). Qué es un BEP (BIM Execution Plan). Recuperado de: <https://dobim.es/que-es-un-bep-bim-execution-plan/>.

Eadic. (2017). Calculo estructural el método de los elementos finitos. Recuperado de: <https://www.eadic.com/calculo-estructural-el-metodo-de-los-elementos-finitos/>.

Editeca. (2017). Qué es un BIM Manager y como llegar a serlo. Recuperado de: <https://editeca.com/bim-manager/>.

Ekholm, A., Blom, H., Eckerberg, K., Löwnertz, K., & Tarandi, V. (2013). BIM – Standardiseringsbehov. Recuperado de: [http://www.bimalliance.se/~media/OpenBIM/Files/Projekt/130620\\_BIM\\_rapport.ashx](http://www.bimalliance.se/~media/OpenBIM/Files/Projekt/130620_BIM_rapport.ashx).

Esarte, E., Ander. (2019). OpenBIM BuildingSMART Spanish chapter. Recuperado de: <https://www.espaciobim.com/open-bim/>.

Feodosiev, V., I. (1980). *Resistencia de materiales* (Traductor Gutiérrez, P.). Moscú, Rusia: Mir.

Gonzales, E. (2019). Por qué BIM es fundamental para la obra pública en Chile. Recuperado de: <https://blogs.autodesk.com/latam/2019/06/12/por-que-bim-es-fundamental-para-la-obra-publica-en-chile/>.

Graphisoft. (s.f.). Propiedades de la IFC. Recuperado de: <https://helpcenter.graphisoft.com/graphisoft-archives/55677/>.

Hibbeler, R., C. (2012). *Análisis estructural* (Traductor Murrieta, J.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Investigación Documental (s.f.). Investigación Científica. Recuperado de: <https://investigacioncientifica.org/que-es-la-investigacion-documental-definicion-y-objetivos/>.

ISO.org. (2013). ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Recuperado de: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=51622](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51622).

Jensen, P. A., & Jóhannesson, E. I. (2013). Building information modelling in Denmark and Iceland. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(1), 99–110. <http://doi.org/10.1108/09699981311288709>.

Jiménez, P., Rosa. (1998). Metodología de la investigación: Elementos básicos para la investigación clínica. Recuperado de: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_1998.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf).

- Johansson, E., Haftor, D. M., Magnusson, B., & Rosvall, J. (2014). On Building Information Modeling : an explorative study. Växjö.
- Khomiri, M., & Löwstett, F. L. (2014). BIM och informationsöverföring - En studie om IFC-baserad teknik i förvaltningsskedet. Lund University.
- Laakso, M., & Kiviniemi, A. (2012). The IFC standard - A review of history, development, and standardization. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 17(May), 134–161. Recuperado from <http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2012>.
- Ley N°30225. Ley de Contrataciones del Estado, Decreto Supremo N°082-2019-EF, Lima, Perú, 13 de marzo de 2019.
- Liebich, T. (2013). ifcXML4 Specification Methodology. Recuperado May 7, 2019. Recuperado de: <https://standards.buildingsmart.org/documents/Implementation/ifcXML4%20specification%20methodology%20V1-1.pdf>.
- Linhard, K., & Steinmann, R. (2015). BIM-collaboration processes – from fuzziness to practical implementation. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, (1), 27– 31. <http://doi.org/10.1201/b17396-8>.
- Loyola, Mauricio. (2019). *Encuesta Nacional BIM 2019: Informe de Resultados*. Santiago: Universidad de Chile. Recuperado de: <https://bim.uchilefau.cl/wp-content/uploads/2019/08/Encuesta-Nacional-BIM-2019-Informe-de-Resultados.pdf>.
- Lucrecia, R., María. (2019). BIM en Chile: Plan BIM, el motor de la transición. Recuperado de: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/planbim-motor-transicion-bim-chile/>.
- Malvar, G., Víctor y Moreno, B., Patricia. (2016). Seguimiento de incidentes con metodología BIM. Una revisión a los flujos de trabajo actuales y una mirada al futuro. *EUBIM 2016*. 257-267.
- McGraw Hill Construction SmartMarket Report (2012). *The business value of BIM in North America multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012)*. Recuperado de: [https://images.autodesk.com/adsk/files/mhc\\_business\\_value\\_of\\_bim\\_in\\_north\\_america\\_2007-2012\\_smr.pdf](https://images.autodesk.com/adsk/files/mhc_business_value_of_bim_in_north_america_2007-2012_smr.pdf).

- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., and Zikic, N. (2019). BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, August. Recuperado de: <http://bim.psu.edu>.
- Metodología Cualitativa (s.f.). Universidad de Jaén. Recuperado de: [http://www.ujaen.es/investiga/tics\\_tfg/enfo\\_cuali.html](http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/enfo_cuali.html).
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–91. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.
- Montagud, A., Alvaro. (2018). *Metodología BIM para proyectos de ingeniería civil* (Tesis de pregrado). Universitat Politècnica de València, València, España.
- Montilla, D., Ana. (2018). Metodología openBIM: qué es y en qué consiste. Recuperado de: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/metodologia-open-bim/>.
- Montoya, M., Alejandrina, D. (2016). *Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Morales, N. (s.f.). Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. Lifeder.com. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria/>
- National Institute of Building Sciences. (s.f.). About the National BIM Standard-United States. Recuperado May 26, 2019, de <http://www.nationalbimstandard.org/about.php>.
- Niño, R., Víctor, M. (2011). Metodología de la investigación. Recuperado de: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>.
- Otazzi, P., Gianfranco. (2016). *Apuntes del curso análisis estructural I*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Pintar, F. (2009). Investigation and Implementation of a Live Connection between Configura CET® and Revit® Architecture 2009. Linköping University.

Plan BIM (s.f.). Beneficios de BIM. Recuperado de: <https://planbim.cl/beneficios-de-bim/>.

PlanBIM (2019). Estándar BIM para proyectos públicos Intercambio de información entre Solicitante y Proveedores. Comité de Transformación Digital CORFO. Recuperado de: <https://planbim.cl/estandar-bim-para-proyectos-publicos-intercambio-de-informacion-en-solicitante-y-proveedores-sebastian-manriquez/>.

Quispe, P., Alder, J. (2015). *Análisis matricial de estructuras introducción al método de elementos finitos*. Lima, Perú: Macro.

Ramaji, I.J. and Memari A. M. (2018) Interpretation of structural analytical models from the coordination view in building information models. *Automation in Construction*, 90, 117-133. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.025>.

Revista Perú Construye (s.f.). Comité BIM del Perú. Recuperado de: <https://peruconstruye.net/2018/11/16/comite-bim-del-peru/>.

Riera López, R. (2017) Bim 0. Introducción al bim. Recuperado de: [www.e-zigurat.com](http://www.e-zigurat.com).

Rodríguez, J. (2019). Como definir un BIM Execution Plan. Recuperado de: <https://retaintechologies.com/como-definir-un-bim-execution-plan-bep/>.

Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482–492. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>.

Ticona, C., Félix. (2019). *Evaluación del desempeño por viento a partir de un diseño sísmico de una edificación de concreto armado en la ciudad de Juliaca* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.

U.S. General Service Administration. (2011). GSA BIM Guide For Facility Management. Recuperado May 7, 2019, de: [http://www.gsa.gov/graphics/pbs/BIM\\_Guide\\_Series\\_Facility\\_Management.pdf](http://www.gsa.gov/graphics/pbs/BIM_Guide_Series_Facility_Management.pdf).

UK BIM Alliance (2019). Information management according to BS EN ISO 19650, Guidance Part 2: Processes for Project Delivery, second edition. Recuperado de: <https://www.ukbimalliance.org/information-management-according-to-bs-en-iso-19650/>.

UK BIM Alliance (2019). Information management according to BS EN ISO 19650, Guidance Part 1: Concepts, second edition. Recuperado de: <https://www.ukbimalliance.org/information-management-according-to-bs-en-iso-19650/>.

Vass, S., & Gustavsson, T. K. (2015). The perceived business value of BIM. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, (1), 21–25. <http://doi.org/10.1201/b17396-7>.

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

Zamorano, A. (2019). BIM Manager, Coordinador BIM, Modelador BIM. Recuperado de: <https://www.continuelab.com/blog/roles-bim>.

Zigurat. (2019). OpenBIM qué es. Recuperado de: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/openbim-que-es/>.



## **ANEXOS**

**ANEXO A: Proceso de Comunicación Interoperable BIM**

**ANEXO B: Robot vs Sap2000 vs Etabs vs Calculo**

**ANEXO C: Control de calidad de los modelos**

## ANEXO A: PROCESO DE COMUNICACIÓN INTEROPERABLE BIM

### INDICE

1. CRITERIOS DE COMUNICACIÓN .....	2
1.1. DOCUMENTOS EXIGIDOS .....	2
1.1.1. DOCUMENTO DE DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	2
1.1.2. PROGRAMA DE ESPACIOS .....	3
1.1.3. LISTA DE IDENTIFICADORES DE TIPOS DE ELEMENTOS.....	3
1.2. COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN ENTRE LOS MIEMBROS DE LA ORGANIZACIÓN .....	4
1.2.1. BIM COORDINATOR GENERAL EN FASES INICIALES DEL PROYECTO .....	4
1.2.2. SEGUIMIENTO DE LAS MODIFICACIONES DEL PROYECTO. REVISIÓN Y CO-DISEÑO .....	¡Error
<b>! Marcador no definido.</b>	
1.3. CARPETAS COMPARTIDAS CON LOS AGENTES INTERVINIENTES .....	111
3.3.1. UNIDADES DE ALMACENAMIENTO EN LA NUBE Y COMPARTICIÓN .....	111
1.3.2. DERECHO DE EDICIÓN Y LECTURA DE LAS CARPETAS Y DOCUMENTOS.....	155
1.3.3. CONTROL DE LA PUBLICACIÓN .....	177
1.4. GESTIÓN DE PROYECTO BIM EN ENTORNOS COLABORATIVOS DE GESTIÓN.....	177
1.4.1. PODIO.....	188
1.4.2. BIMcollab®.....	255
1.4.3. TABLÓN DE ANUNCIOS Y NOVEDADES DE LAS CUÁLES TODO EL EQUIPO DEBE ESTAR INFORMADO .....	288
1.4.4. COMENTARIOS Y CHAT PARA CONVERSACIONES ENTRE PERSONAL Y EQUIPOS.....	288
1.5. DEBATE Y DIVERGENCIAS. RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS.....	299
1.5.1. DIAGRAMAS DE INTERVENCIÓN BIM EN MODELOS ESTRUCTURALES.....	30

## 1. CRITERIOS DE COMUNICACIÓN

En este criterio se incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos.

Una comunicación eficaz crea un puente entre los diferentes interesados involucrados en un proyecto, conectando diferentes entornos culturales y organizacionales, diferentes niveles de experiencia, y perspectivas e intereses diversos en la ejecución o resultado del proyecto.

### 1.1. DOCUMENTOS EXIGIDOS

#### 1.1.1. DOCUMENTO DE DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Como punto de partida para una comunicación clara, oportuna, eficiente y eficaz en el entorno de trabajo se ha definido la unificación de términos y sus definiciones por medio de Diccionarios y Glosario del propio documento.

Diccionarios a emplear:

- ⇒ [El diccionario de la construcción](#)
- ⇒ [BIM Dictionary](#)

Diccionarios de apoyo:

- ⇒ <https://www.specifiedby.com/resources/bim-dictionary>
- ⇒ <https://www.hurleypalmerflatt.com/glossary-of-terms-bim/>

Glosario, catálogo de palabras utilizadas en el Documento de Estilo:

- ⇒ [GLOSARIO](#)

Recomendaciones:

Para el conocimiento de las características específicas o concretas del proyecto a planificar repasar los ítemes de “Información General del Proyecto” e “Información del Proyecto” que contienen los datos más relevantes del proyecto:

- ⇒ [INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO](#)
- ⇒ [INFORMACIÓN DEL PROYECTO](#)

### 1.1.2. PROGRAMA DE ESPACIOS

Durante la fase de diseño conceptual, el modelo de información no necesariamente puede tener forma geométrica todavía. El modelo de requisitos, en el que se introducen al menos los requisitos espaciales más cruciales, es parte del proceso de modelo de información de la edificación.

Formulado correctamente, puede ser utilizado durante todo el proceso del proyecto para comprobar el cumplimiento de los requisitos espaciales. Como un requerimiento mínimo del modelo, puede haber un programa de espacios en forma de tabla, en la que existen requisitos preliminares del edificio, grupos de espacios y premisas.

Un modelo BIM arquitectónico con el diseño de los espacios es necesario para la medición de las superficies.

Las superficies de los espacios del programa de necesidades, y también aquellos que no están programados, son extraídas del modelo BIM en listados, clasificadas y sumadas por el tipo de espacio.

SUPERFICIES ÚTILES VIVIENDA		
<Superficies útiles resumen Vivienda Tipo>		
A	B	C
Nombre	Área	Ratio
Cocina	8.72 m <sup>2</sup>	11%
Dormitorio 3	9.35 m <sup>2</sup>	12%
Dormitorio 2	9.35 m <sup>2</sup>	12%
Dormitorio Principal	12.73 m <sup>2</sup>	16%
Pasillo	4.41 m <sup>2</sup>	6%
Salón Comedor	22.04 m <sup>2</sup>	28%
Vestíbulo	4.95 m <sup>2</sup>	6%
Baño 2	3.74 m <sup>2</sup>	5%
Baño 1	3.74 m <sup>2</sup>	5%
Total general: 9	79.02 m <sup>2</sup>	100%

Tabla 1.1. Ejemplo de uso de los espacios.

### 1.1.3. LISTA DE IDENTIFICADORES DE TIPOS DE ELEMENTOS

Todos los elementos tendrán, en algún momento del ciclo de vida de diseño, un Identificador único (ID) el cuál será el parámetro por defecto para identificar los elementos modelados.

TIPOS DE ELEMENTOS		
No Estructurales	Estructurales	Especiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muros</li> <li>• Puertas</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Objetos</li> <li>• Mobiliario en General</li> <li>• Escaleras</li> <li>• Pavimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilares</li> <li>• Vigas</li> <li>• Muros</li> <li>• Muros de Contención</li> <li>• Forjados</li> <li>• Cubiertas</li> <li>• Cimentaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas - MEP Tuberías</li> <li>• Sistemas - MEP Conductos</li> <li>• Sistemas - MEP Electricidad y telecomunicaciones</li> <li>• Mobiliario</li> <li>• Espacios y Zonas</li> </ul>

Tabla 1.2. Tipo de Elementos.

## 1.2. COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN ENTRE LOS MIEMBROS DE LA ORGANIZACIÓN

### 1.2.1. BIM COORDINATOR GENERAL EN FASES INICIALES DEL PROYECTO

El BIM Coordinador General es quien crea el archivo central en Revit Server, define y asigna a los perfiles los permisos necesarios de acceso al Archivo Central, como así también administra las carpetas y modelos del archivo Central, realiza el seguimiento de las tareas asignadas y expone cómo cada miembro del equipo contribuye a su realización. Una de las herramientas de apoyo es el [Revit Server Administrator](#).

El BIM Coordinador General crea la carpeta de proyecto en [Google Drive](#), otorga permisos y envía la invitación al acceso de los mismos a todos los agentes intervinientes del proyecto. Google Drive va a funcionar como plataforma de trabajo para todos los equipos. Más información lo encontrará en [Unidades de almacenamiento en la nube y compartición](#).

Para la gestión de proyecto BIM en entornos colaborativos de gestión, BIM Coordinador General organiza y estructura las reuniones, tareas, calendarios y actividades entre los miembros del equipo apoyándose en la herramienta de gestión [Podio](#).

Siendo el nexo de unión entre todos los integrantes del equipo, vigila la interacción entre los modelos de diseño e informa de los fallos al proyectista y al resto del equipo de diseño.

Coordina el trabajo dentro de su disciplina, realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM y asegura la compatibilidad del modelo BIM con el resto de las disciplinas. Herramienta de apoyo a utilizar [BIMcollab®1](#).

## Método de Trabajo con el Software de Modelado Autodesk Revit

### Revit Server Administrator herramienta de coordinación:

- **Configurar permisos de administración:** Puede controlar el acceso a Revit Server Administrator mediante la configuración de permisos de nivel de grupo o usuario en el Administrador de Internet Information Service (IIS), lo que obliga a los usuarios a iniciar sesión y autenticarse de antemano.
- **Conectar a Revit Server Administrator:** Para acceder a Revit Server Administrator, basado en navegador, puede especificar el nombre del servidor en la URL.
- **Administrar modelos con Revit Server Administrator:** Utilice Revit Server Administrator para administrar las carpetas y modelos centrales en los Revit Server Host y para bloquear modelos para realizar tareas administrativas.

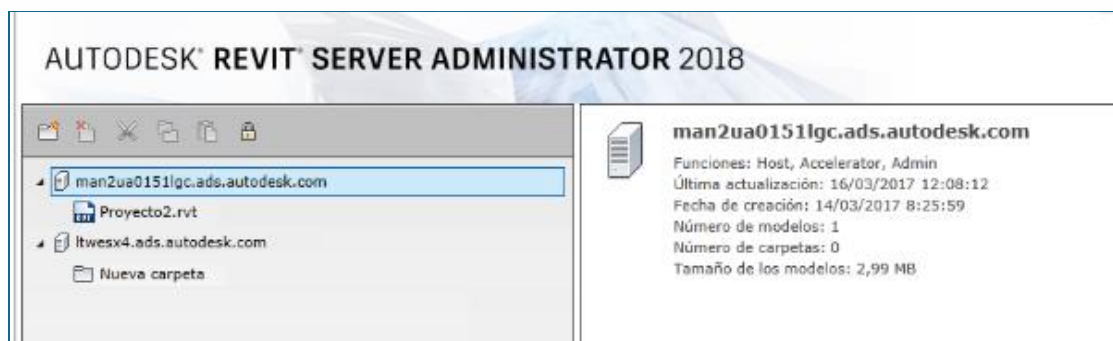



Figura 1.1. Revit Server Administrator.

- **Visualiza el historial:** Realiza el seguimiento y control de las tareas asignadas visualizando el historial de las ediciones que se han ejecutado, así como los comentarios escritos por los miembros del equipo.





2017

Proyecto2.rvt

Última actualización: 16/03/2016 12:06:55  
Última actualización de: User1  
Fecha de creación: 16/03/2016 12:05:54  
Archivos admitidos actualmente: 738,25 KB  
Tamaño de modelo actual: 3,79 MB

Historial de envíos

De

16/03/2016

15

0:00

A

16/03/2016

15

23:59

Versión ▾	Usuario	Fecha	Comentari	Tamaño de modelo	Archivos de soporte
4	User1	16/03/2016 12:06:55		3,79 MB	1001,92 KB
3	User1	16/03/2016 12:06:39		3,79 MB	999,87 KB
2	User1	16/03/2016 12:06:24		3,78 MB	999,21 KB
1	User1	16/03/2016 12:05:59		3,78 MB	13,93 KB

Figura 1.2. Historial del Proyecto.

La organización del equipo de diseño trabaja en un sistema de comunicación Red de Área local (LAN) o WAN basándose en dos niveles:

**Revit Archivo Central:** Administrado por el BIM Coordinador Arquitectura

- Gestiona el acceso al proyecto
- Impide modificación simultánea de elementos
- Crea o abre un proyecto
- Convierte el proyecto en colaborativo

**Revit Archivo Local:** Usuarios del equipo de trabajo.

- Cuando el usuario accede al archivo en Revit Server por primera vez realiza una [Copia del Archivo Central](#) (enlace a la web de Autodesk)
- [Activa Revit Accelerator](#) (enlace a la web de Autodesk)
- Trabaja en la copia hospedada en el disco duro local
- Realiza el [Intercambio de información](#)

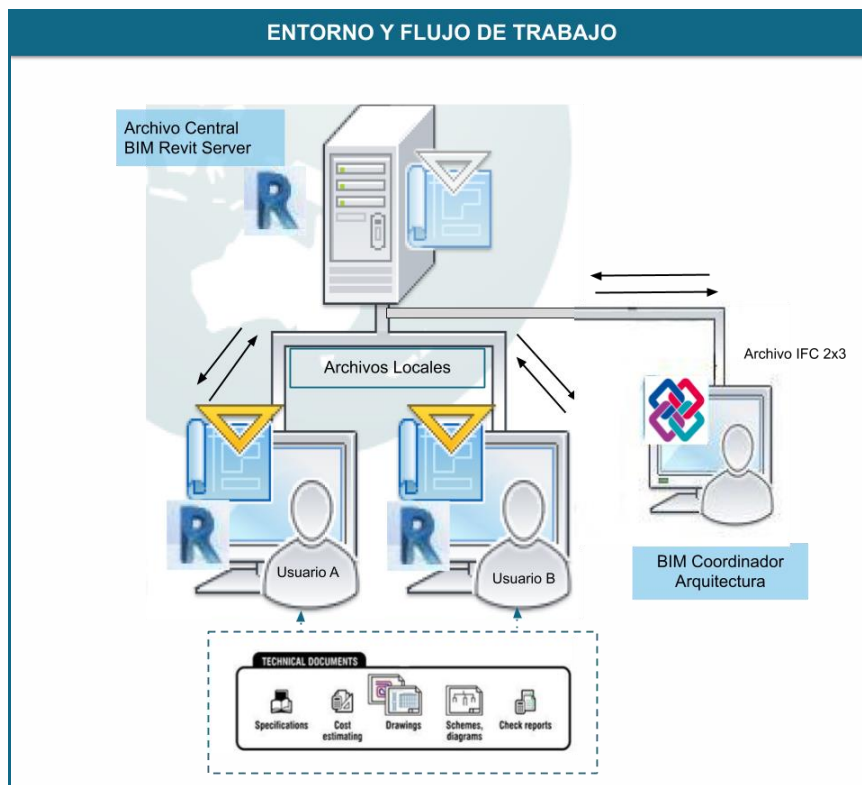
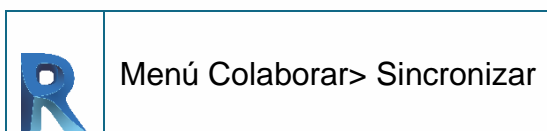


Figura 1.3. Esquema Flujo de trabajo en Revit (Equipo Arquitectura).

### Intercambio de Información con el Archivo Central

Los usuarios de Revit tienen a su disposición en la ficha Colaborar, herramientas de intercambio de información:

- **Sincronizar con Archivo Central:** El usuario realiza un intercambio de información de ida y vuelta ⇄, automáticamente se sube la información realizada y se baja información del archivo Central.
- **Volver a cargar lo más reciente:** El usuario sólo recibe (descarga) ← información del archivo Central.
- **Ceder todo lo mío:** Cuando se trabaja en un proyecto compartido, utilice este procedimiento para devolver los elementos para los que dispone de permisos de edición sin sincronizarlos con el modelo central.
- **Mostrar historial:** El usuario puede dar un vistazo e informarse sobre las sincronizaciones realizadas por todos los usuarios.





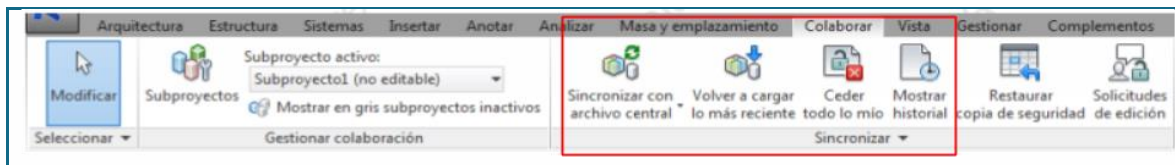


Figura 1.4. Ficha Colaborar.

## Subproyectos

Para la distribución equitativa entre los distintos usuarios, el proyecto se subdivide en subproyectos.

Al trabajar en un proyecto compartido, debe especificar un subproyecto activo. Cada elemento de modelo nuevo que añada al proyecto se incluirá en el subproyecto activo.

Los elementos específicos de vista, como anotaciones y cotas, se colocan en el subproyecto de la vista actual.

Al usar un proyecto compartido, es posible editar elementos individuales o subproyectos. Cuando se extrae un elemento individual o un subproyecto entero, los elementos son visibles para otros usuarios pero estos no pueden editarlos hasta que el prestatario ceda el elemento o el subproyecto.

Un subproyecto puede contener elementos constructivos (paredes, puertas, pisos, escaleras) o gráficos (vistas u hojas) del edificio. Cada elemento en el proyecto se encuentra únicamente en un subproyecto y como tal, pueden ser abiertos o administrados independientemente.

Para agilizar el avance en los proyectos en Revit, se trabajará sin la necesidad de convertirse en propietario de un subproyecto, para ello en el momento de sincronizar **siempre-siempre** se deberá “Ceder los elementos”, de esta forma dejamos de ser propietarios de dichos elementos.



Menú Colaborar> Sincronizar

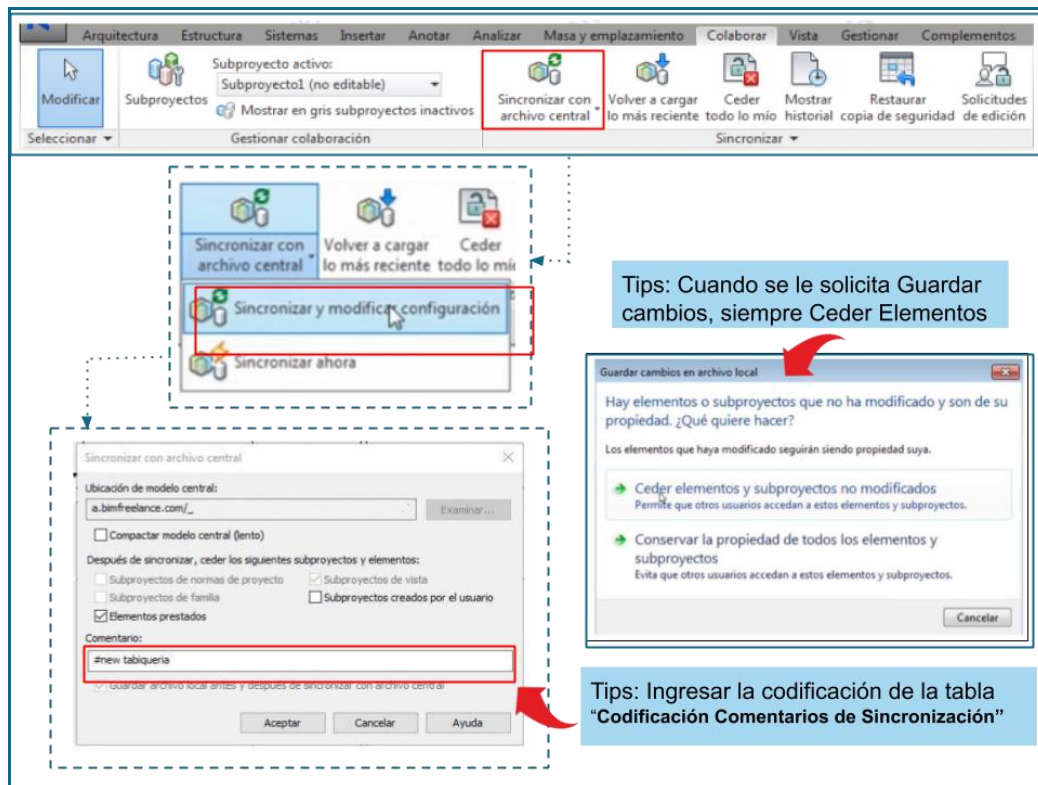


Figura 1.5.Sincronizar, Historial, Ceder.

Se establece un sistema de registro en el que quedan reflejadas todos los avances y/o modificaciones del proyecto, así como el entorno colaborativo de trabajo.

**Tips:** Al sincronizar con archivo central se le solicita que ingrese un comentario, para ello use la tabla de codificación expuesta a continuación.

CODIFICACIÓN COMENTARIOS DE SINCRONIZACIÓN	
Código	Definición
#new	Creados nuevos elementos de modelo (muros, pilares, ventanas, escaleras, etc.)
#mod	Modificados elementos
#del	Borrados elementos
#vis	Tabla de visibilidad (Ocultar/mostrar objetos, cambios en estilos de objeto y visibilidad/gráficos, Regiones de recorte)
#und	Volver a situaciones anteriores
#doc	Documentación del modelo (acotar, componer planos, leyendas, esquemas de color, etiquetar, realizar un render...)
#org	Tareas de organización (renombrar elementos, reorganizar vistas, establecer vínculos entre modelos, importar, crear subproyectos)
#rev	Revisión, detección de errores, dejar comentarios de texto a otros, vigilancia de coordinación.
#tab	Crear/modificar tablas. Trabajar con datos no gráficos.
#fam	Gestión de familias/objetos (crear nuevas familias/objetos, eliminar tipos, renombrar, cargar)
#inf	Añadida información global al proyecto (información de proyecto, parámetros compartidos, parámetros de proyecto, ubicación, norte)
#stp	Pausa o interrupción en el trabajo (la tarea está a medias)
#err	Corregido un error detectado (si se detecta es REV)
#var	Realizadas varias operaciones
#tst	Test, prueba, ensayo de una solución que probablemente se descarte (evitar en lo posible)

Tabla 1.3 Codificación comentarios de sincronización



Figura 1.6.Estructura Carpeta Local.

## 1.3. CARPETAS COMPARTIDAS CON LOS AGENTES INTERVINIENTES

### 3.3.1. UNIDADES DE ALMACENAMIENTO EN LA NUBE Y COMPARTICIÓN

De acuerdo a los criterios generales de la Organización.

1



**Google Drive**, es la unidad de almacenamiento a utilizar como Entorno de datos comunes o CDE en la nube, para la compartición de archivos entre todos los agentes intervinientes del Proyecto.

Se tendrá la posibilidad de crear, editar y compartir documentos. Además los usuarios pueden editar e interactuar en vivo dentro del archivo, solucionando problemas de trabajos en equipo.

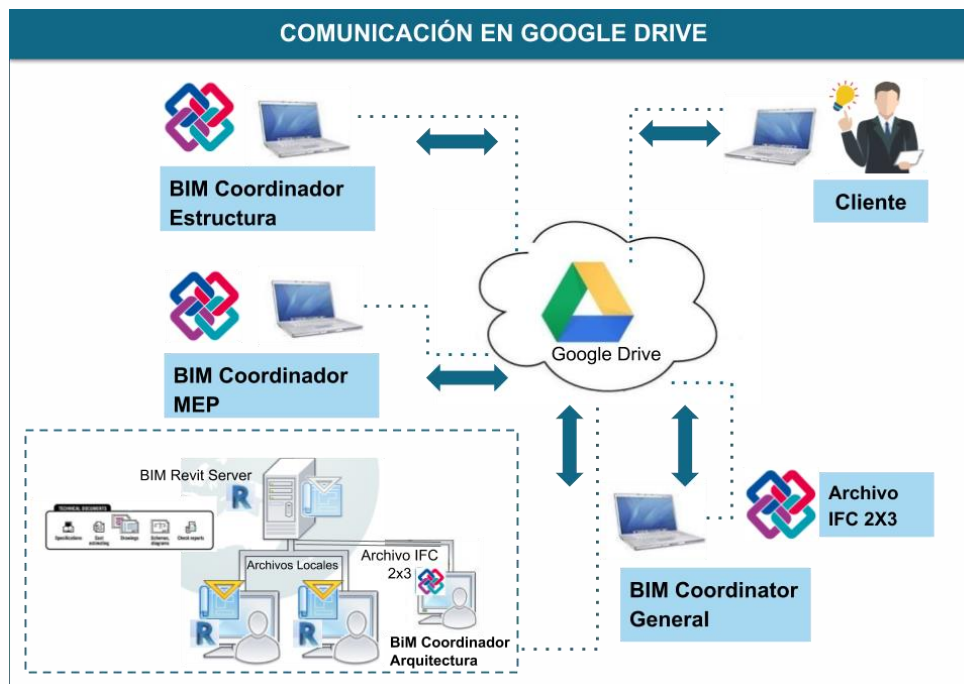


Figura 1.7. Comunicación con Google Drive.

Google Drive además de ser un sistema de sincronización de archivos en la nube, nos permite utilizar el correo Gmail como otro medio de comunicación.

Por lo tanto cada integrante o agente del proyecto debe:

- Tener una dirección de correo electrónico de Google Drive que termine en @gmail.com.
- La misma debe ser enviada al BIM Coordinador General en el correo electrónico especificado, en el registro de agentes.

El BIM Coordinador General:

- Crea la carpeta del proyecto.
- Gestiona los accesos a la misma.
- Envía a cada agente interviniente del Proyecto una invitación para colaborar en la carpeta compartida del Proyecto.

Los Usuarios de las diferentes organizaciones:

- Al recibir la invitación, deben [ingresar a Google Drive](#)
- Ir a "[Compartido conmigo](#)"
- Arrastrar la carpeta principal de proyecto a su unidad de trabajo "Mi unidad".

**Ingreso a Google Drive:**

- En su Navegador de Internet, coloque la siguiente dirección URL: <https://www.google.com/drive/>
- Haga clic en el botón "Ir a Google Drive".
- Ingrese su usuario y contraseña de Gmail.
- Seleccione "Mi unidad" para acceder a las carpetas y archivos.





Figura 1.8. Ingreso a GD.

## Compartido conmigo



Figura 1.9. Acceso al Proyecto.

## Estructura de Carpetas Compartidas en Google Drive

Las carpetas compartidas estarán en Google Drive donde los agentes del proyecto tendrán acceso de acuerdo a los permisos otorgados por el Coordinador BIM.

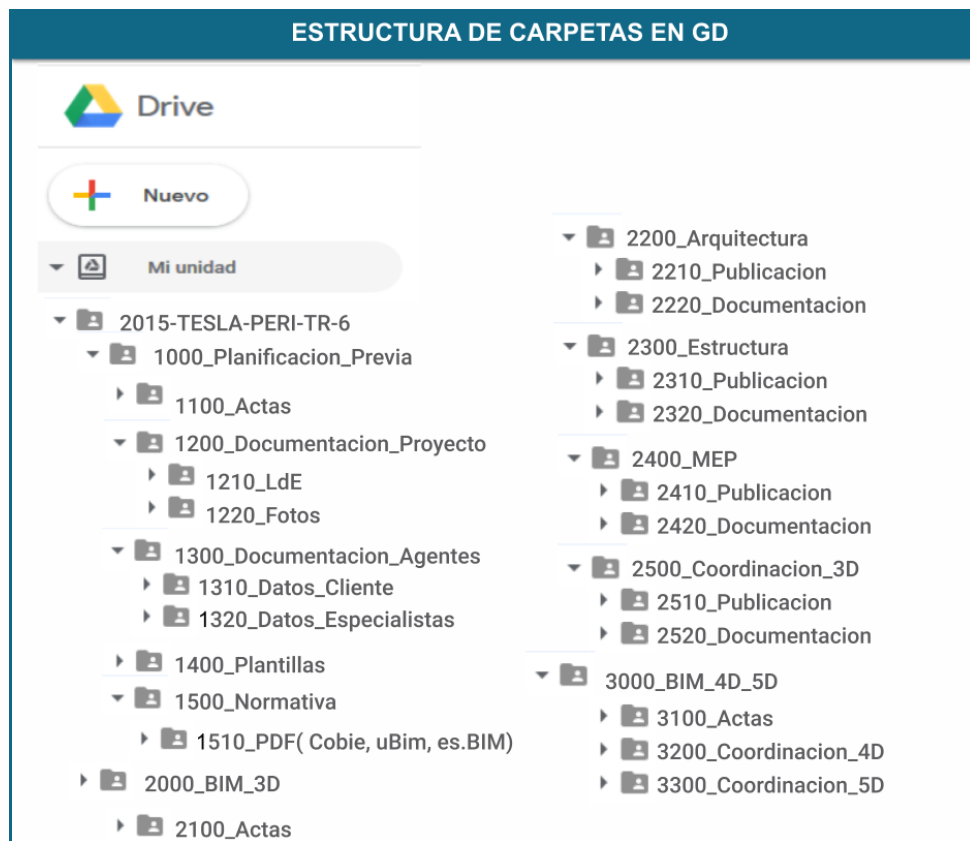


Figura 3.10. Estructura de carpetas en GD.

**2015-TESLA-PERI-TR-6:** Es la carpeta principal donde se almacena todo el proyecto.

**1000\_Planificacion\_Previa:**

**1100\_Actas:** Se guarda todas las actas de las reuniones y trabajo con los Clientes y Agentes.

**1200\_Documentacion\_Proyecto:** Se guarda la Documentación del Proyecto (permisos oficiales de carácter Gubernamental, Estudio de suelo, etc).

**1300\_Documentacion\_Agentes:** Se guarda los datos del o los clientes y de los agentes intervinientes.

**1400\_Plantillas:** Se guardan documentos con plantillas de texto, plantillas para tablas, con el formato establecido para empleo como base de nuevos documentos.

**1500\_Normativa:** Se recopila toda la normativa, protocolos BIM y guías BIM vigentes y de aplicación al proyecto en cuestión.

**2000\_BIM\_3D:**

**2100\_Actas:** Se guarda las Actas de reuniones y trabajo entre los Coordinadores de Arquitectura, Ingeniería e Ingeniería MEP.

**2200\_Arquitectura, 2300\_Estructura, 2400\_MEP:** Cada carpeta contiene dos subcarpetas de Publicación y Documentación en las cuales se archivarán los archivos como ser DWG, IFC, PDF, Tablas etc.

**2500\_Coordinacion\_3D:**

**Publicación:** Se guarda el historial de ficheros BCF.

**Documentación:** Se guardan los Documentos Excel que son los ITO “Information Takeoff” de Solibri.

**3000\_BIM\_4D\_5D:** Se guardan las actas y archivos correspondientes a BIM 4D y 5D.

### 1.3.2. DERECHO DE EDICIÓN Y LECTURA DE LAS CARPETAS Y DOCUMENTOS

En las carpetas donde se comparten documentos de sólo lectura (IFC, BCF review, PDF), se puede generalizar la concesión de permisos desde la carpeta, con opción solo lectura.

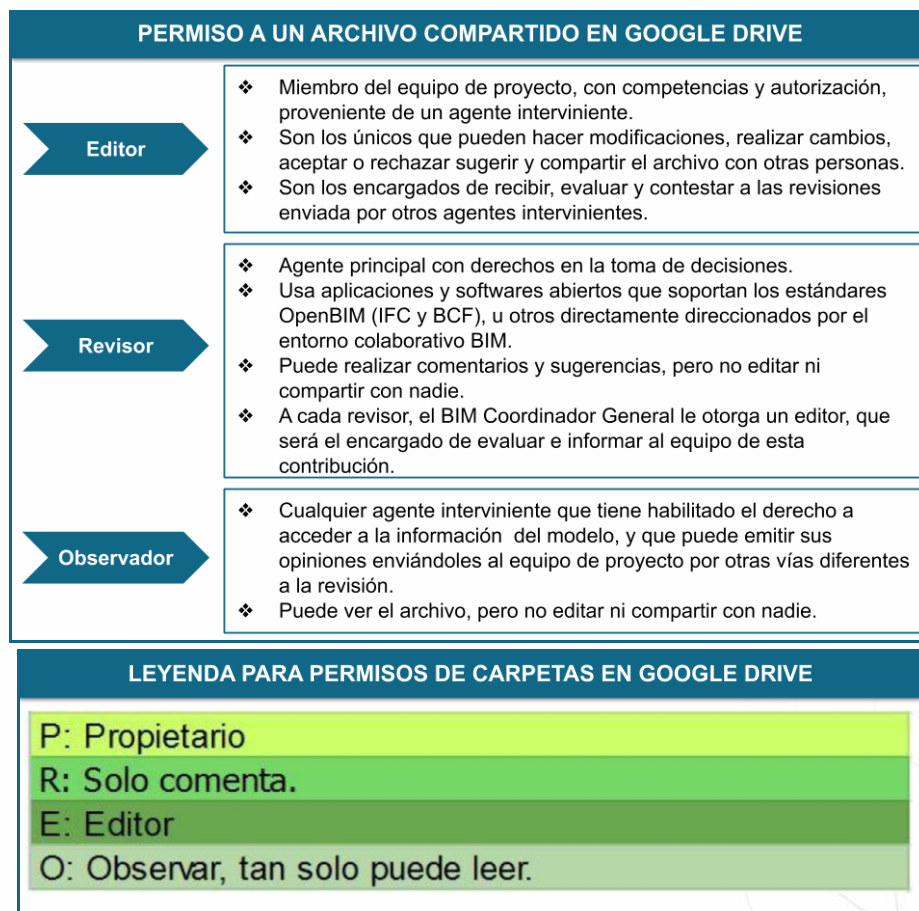


Figura 1.11. Permisos a archivo compartido en GD y leyenda de Permisos.



### 1.3.2.1. Permisos

PERMISOS A LAS CARPETAS EN GD							
Usuarios	Cliente	BIM Manager	BIM Coord. General	BIM Coord. Arquitectura	BIM Coord. Estructura	BIM Coord. MEP	BIM Coord. Analista
<b>2015-TESLA-PERI-TR-6</b>	E	E	PE	E	E	E	E
1000_Planificacion_Previa	E	E	PE	E	E	E	E
1100_Actas	R	E	PE	O	O	O	O
1200_Documentacion_Proyecto	O	R	PE	O	O	O	O
1300_Documentacion_Agentes	E	E	PE	O	O	O	O
1210_Fotos	O	R	PE	O	O	O	O
1310_Datos_Cliente	E	E	PE	O	O	O	O
1320_Datos_Especialistas	O	E	PE	R	R	R	R
1400_Plantillas	O	E	PE	E	E	E	E
1500_Normativa	O	O	P	O	O	O	O
1510_PDF	O	O	P	O	O	O	O
<b>2000_BIM_3D</b>	O	E	PE	E	E	E	E
2100_Actas	O	R	PE	R	R	R	O
2200_Arquitectura	O	E	PE	E	R	R	O
2210_Publicacion	O	R	PE	E	R	R	O
2220_Documentacion	O	R	PE	E	R	R	O
2300_Estructura	O	R	PE	R	E	R	O
2310_Publicacion	O	R	PE	R	E	R	O
2320_Documentacion	O	R	PE	R	E	R	O
2400_MEP	O	R	PE	R	R	E	O
2410_Publicacion	O	R	PE	R	R	E	O
2420_Documentacion	O	R	PE	R	R	E	O
2500_Coordinacion_3D	O	R	PE	O	O	O	E
2510_Publicacion	O	R	PE	O	O	O	E
2320_Documentacion	O	R	PE	O	O	O	E
<b>3000_BIM_4D_5D</b>	O	E	PE	O	O	O	E
3100_Actas	O	E	PE	O	O	O	E
3200_Coordinacion_4D	O	E	PE	O	O	O	E
3300_Coordinacion_5D	O	E	PE	O	O	O	E

Tabla 1.4. Permisos a Carpetas en GD.

### 1.3.3. CONTROL DE LA PUBLICACIÓN

En las carpetas de Publicación para las Especialidades:

- Arquitectura (2210\_Publicacion)
- Estructura (2310\_Publicacion)
- MEP (2410\_Publicacion)

se almacenan los archivos IFC, PDF y Nativos. La estructura interna de cada una de ellas, la encontrará en el enlace:

Los permisos de acceso a la misma lo encontrará en el enlace:

⇒ [Permisos](#)

### 1.4. GESTIÓN DE PROYECTO BIM EN ENTORNOS COLABORATIVOS DE GESTIÓN



PODIO		
CALENDARIO	Calendario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulta de Reuniones, tareas y eventos. Podemos gestionarlo por: Semana, Mes o Día.</li> <li>• Exportar eventos de Podio a cualquier servicio externo de calendario: Google Calendar</li> </ul>
GESTIÓN DE TAREAS	Tareas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar, delegar y compartir Tareas.</li> </ul>
PROGRAMACIÓN DE REUNIONES	Reuniones online	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las reuniones deben prepararse con una agenda bien definida, con un <b>propósito</b>, con un <b>objetivo</b> y con un <b>marco temporal</b> y deben ser adecuadamente documentadas con actas de reunión y lista de acciones a realizar.</li> </ul>
SOCIAL COLLABORATION	Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chat de Podio en privado o en grupo con texto, imágenes, archivos y enlaces.</li> </ul>


	<p>Actividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El espacio de colaboración incluye una <b>secuencia de actividad</b> compartida. Todos en la organización pueden publicar actualizaciones, hacer preguntas y compartir conocimientos, incluidos enlaces, imágenes y documentos. Esto ayuda a crear un equipo unificado a través de su creciente compañía.</li> </ul>
---	------------------	---

Tabla 1.5. Acciones en Podio.

#### 1.4.1. PODIO



El Software de gestión de proyectos online es la herramienta de comunicación de la organización que utilizaremos.

Con Podio se organizan todos los plazos de entrega, archivos y conversaciones del proyecto en un único y transparente lugar.

Como así también las tareas y reuniones. De esta manera se consigue la visión general que se necesita sin ninguna molestia y el equipo puede seguir trabajando centrado y en plena sintonía.

##### Invitación

La invitación para el acceso al Software de gestión de proyectos Podio, es enviada por el **BIM Coordinator General**, a los nuevos usuarios por medio del correo electrónico. Teniendo en cuenta que la organización trabaja con el correo electrónico Gmail, por defecto, todos los usuarios utilizarán la cuenta [abc@gmail.com](mailto:abc@gmail.com).

**1-**Recibido el correo electrónico con la invitación a Podio. Dar clic en **Acceder ahora** el cuál lo direcciona a la web de Podio.

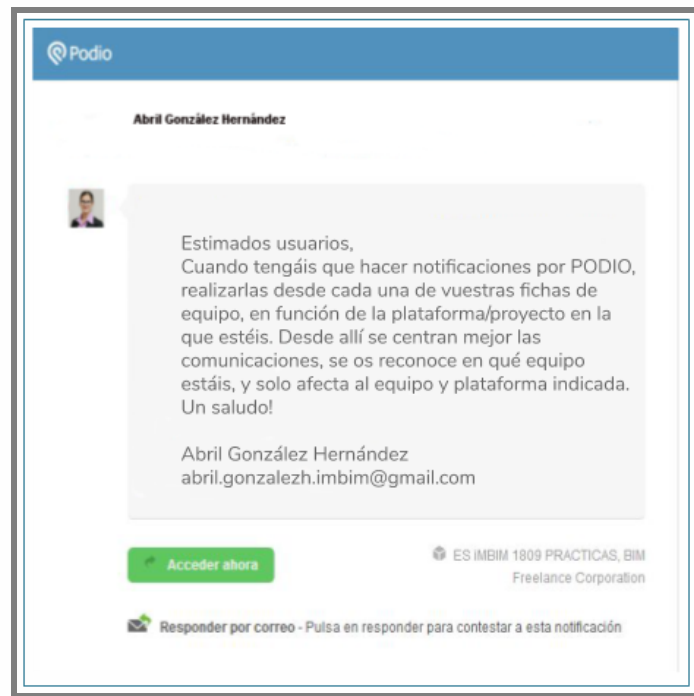


Figura 1.12. En Invitación a Podio.

2-Para iniciar, Ingrese el correo electrónico @gmail.com y una nueva contraseña, la misma se debe ingresar dos veces para la registración. Luego de dicho proceso, el acceso habitual a Podio se indica en la segunda imagen.

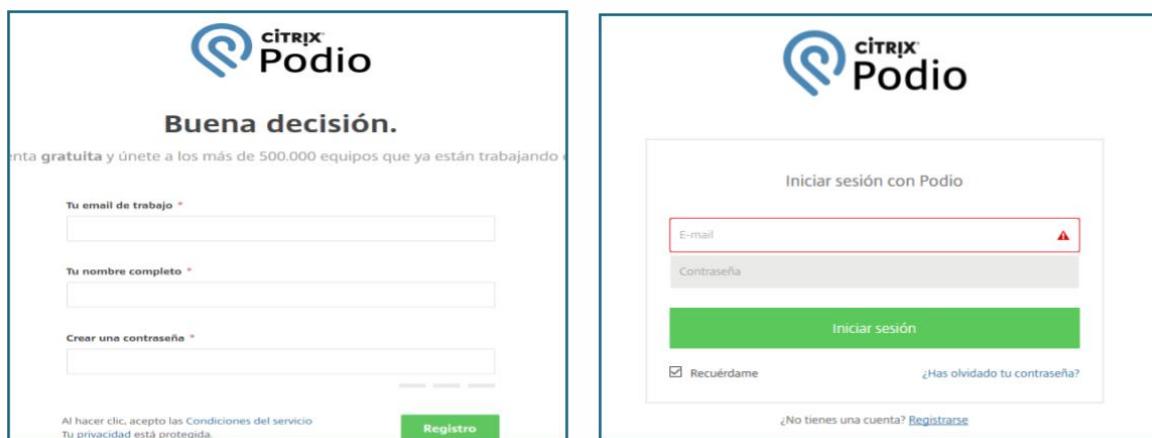


Figura 1.13. Registro e Ingreso a Podio.

## Registro

**Reinhold Giovanni THEA HUACCHA**  
\* OFFLINE

Enviar mensaje  
Asignar tareas

**Habilidades** civil engineering, Diseño, CypeCad, AutoCAD

**Email** giovanni.thea.huaccha@gmail.com  
giovanni@huaccha.com

**Teléfono** 958336045

**Skype** https://join.skype.com/invite/9a4R5Ua7a

**Ubicación** PUNO

**Dirección** PUNO  
21510 PUNO  
Puno Perú

Cubrir los datos de vuestro perfil

- Nombres
- Apellidos
- Rol
- Correo electrónico @ gmail.com
- Teléfono
- Skype
- Dirección, Ubicación
- Zona Horaria

Foto

→ Es más fácil la comunicación si sabemos con quién estamos comunicándonos.

Canalizar las comunicaciones dentro de la ficha correspondiente al equipo y proyecto.

Figura 1.14. Espacio de Equipos y Coordinación.

## Tareas

Espacio de tareas

1-Para ir a la creación de tareas dar clic en el icono de check.

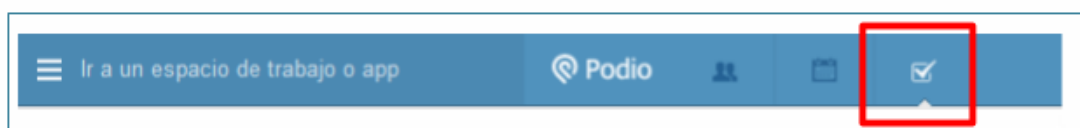


Figura 1.15. Icono acceso a tareas.

2-Una vez en el espacio de Tareas el usuario puede:

- Agregar, delegar y compartir Tareas.
- Indicar la etiqueta del equipo y/o persona a asignar
- Las Tareas quedan enlazadas con el calendario.

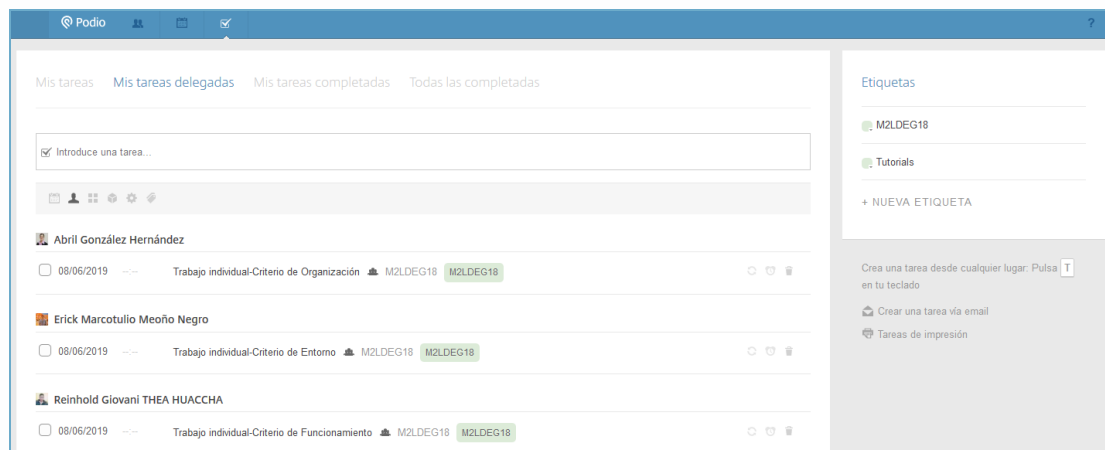


Figura 1.16. Agregar tareas.

**Tips:** Crea una tarea desde cualquier lugar: Pulsa T en tu teclado

Una vez agregado el flujo de trabajo, cree tareas automáticamente o active una notificación a un miembro del equipo para su revisión. Puede configurar flujos de trabajo para eliminar el trabajo manual en sus procesos, lo que ahorra tiempo y garantiza que nada se pierde o se olvide.

La tarea creada se envía e inmediatamente, se recibe una notificación sobre la nueva tarea en la aplicación del móvil o en el correo electrónico. El trabajo en cuestión está conectado, de forma que el coordinador es notificado inmediatamente en el trabajo cuando se complete la tarea.

## Reuniones

Las reuniones se utilizan para discutir y abordar los asuntos pertinentes del proyecto durante la dirección y gestión del trabajo del proyecto. Los asistentes a las reuniones pueden incluir al BIM Manager, BIM Coordinador General, BIM Coordinador por disciplina y a los interesados adecuados, involucrados o afectados por los asuntos tratados. Cada asistente debería tener un rol establecido, de modo que se asegure la participación adecuada.

Suele haber reuniones de tres tipos:

- De intercambio de información
- Tormenta de ideas, evaluación de opciones o diseño, o
- De toma de decisiones.

Como una buena práctica, los tipos de reuniones no deben mezclarse. Las reuniones se prepara con una agenda bien definida, con un propósito, con un objetivo y con un marco temporal y serán adecuadamente documentadas con actas de reunión y lista de acciones a realizar.

## Crear Reunión En Podio



- 1-En la ficha de su grupo o equipo, dar clic en el ítem Reuniones.
- 2-Agregar una nueva reunión.



Figura 1.17. Crear reunión en Podio.

3-Ingresa los puntos importantes para la reunión:

- Título
- Fecha y Hora
- Equipo
- Asistentes
- Motivo
- Localización/Medio

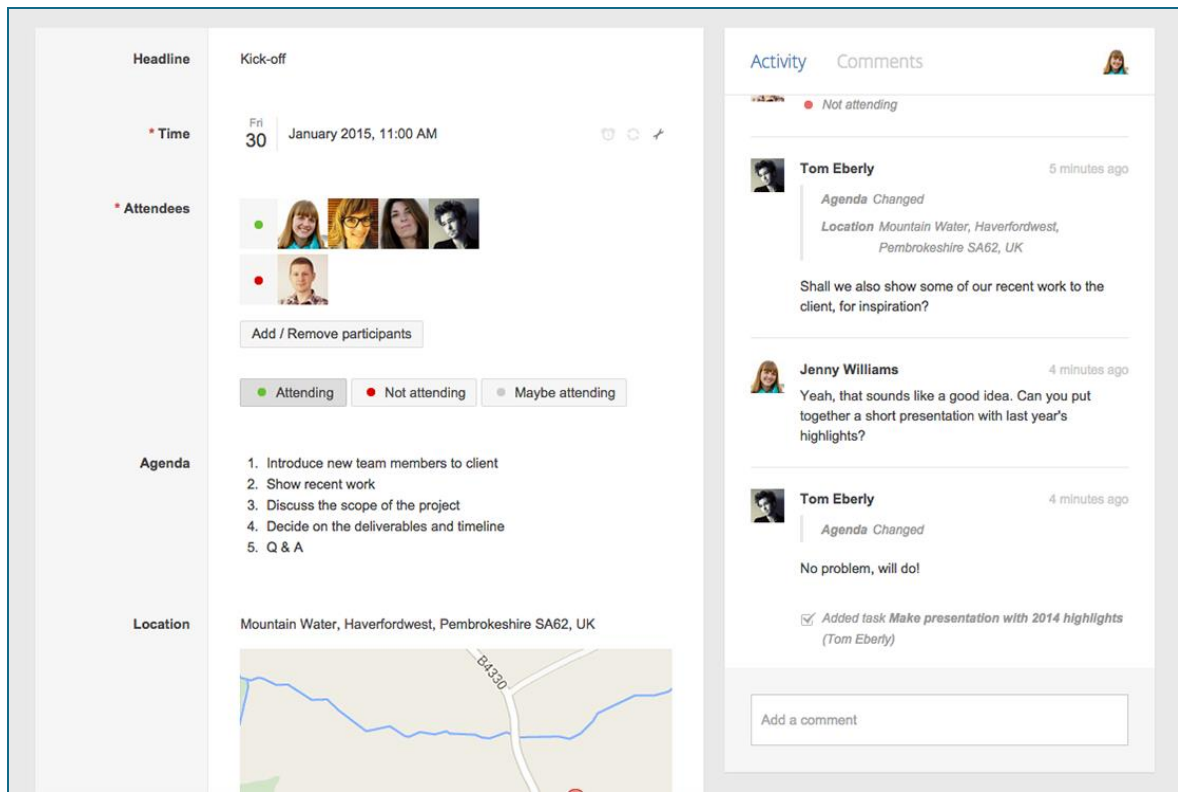


Figura 1.18. Puntos importantes a ingresar.

## Calendarios

Los calendarios personalizables de Podio dan la opción de ver sólo eventos y plazos relacionados directamente con usted o bien una vista general de todo lo que pasa en un departamento o en toda una compañía. Se visualiza en el las tareas y las reuniones.

### Calendario del espacio de trabajo

Muestra todo lo que pasa en un espacio de trabajo concreto. Por ejemplo, todos los plazos de entrega de un proyecto.

### Integraciones del calendario

Exportar eventos de Podio a cualquier servicio externo de calendario en el caso de la organización a Google Calendar como así también puedes activar la opción de mostrar eventos de un calendario de Google en Podio.



### INGRESAR AL CALENDARIO

Dar un clic en el icono del Calendario



Desde aquí encontrará todos los eventos en los que está programado para participar, así como todas las tareas que se le asignan. Use los botones Día, Semana y Mes en la esquina superior derecha para ajustar la vista a su gusto.

Mes   Semana   Día

Sáb 1/6

Domingo 2/6

- ☒ Primera Tarea: Redacción
- ☒ Primera Tarea: Redacción
- ☒ Primera Tarea: Redacción
- ☒ Primera Tarea: Redacción
- ☒ Puesta en común LdE, Re

**Figura 1.19. Ingresar al Calendario.**

Hoy < > Mayo 2019
Mes   Semana   Día

Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Domingo
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
					18:30 1. Reunión de coordi	21:00 M2LDEG09 Reunión 1
13	14	15	16	17	18	19
03:00 1 reunión de coordina	<input checked="" type="checkbox"/> Proponer el Coordinador de	01:00 M2LDEG09 Reunión 2	15:00 2. Reunión de coordi	02:30 M2LDEG19 - 2da Reur	<input checked="" type="checkbox"/> 01:00 Confirmar la lectura de	02:00 Reunión 01
18:30 Reunión 1. Coordinaci	02:30 M2LDEG19 - 1era Reu	21:00 1ª reunión Coordinado			<input checked="" type="checkbox"/> 01:00 Confirmar la lectura de	11:00 M2LDEG13_Segunda f
19:30 1ª Reunión de coordi	19:00 M2LDEG16 - 1era Reu				09:00 Reunión 1 Libro de Es	21:00 1ª Reunión M2LDEG01
19:30 1ª Reunión M2LDEG12	20:30 M2LDEG10 Reunión 1				11:00 LDE Toma de contacto	
21:00 M2LDEG13_Primer R	20:30 Primera reunión grupo					
21:30 REUNION 1 GRUPO M						
20	21	22	23	24	25	26
02:00 Reunión No. 1 M2LDE2	18:00 REUNIÓN 1 _LANZAM	01:00 M2LDEG09 Reunión 3	17:30 segunda reunión	04:00 1era reunión de Coord	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Presentación de cada crit	<input checked="" type="checkbox"/> Redactado "Criterios de Fun
03:00 M2LDEG14 REUNION	20:00 M2LDEG10 Reunión 2	02:30 M2LDEG19 - 3era Reu			04:00 3ra reunión	<input checked="" type="checkbox"/> Redactado "Criterios de Org
18:30 Reunión 2. Organizaci	21:30 2ª REUNION M2LDEG	04:00 2da reunión coordinac			08:00 Reunión 02	<input checked="" type="checkbox"/> Redactado "Criterios de Put
19:30 2ª Reunión de coordi		23:00 2ª reunión Organizaci			09:00 Reunión 2 Libro de Es	16:00 M2LDEG13_Tercera Ru
20:30 REUNIÓN SEGUIMEN					10:00 M2LDEG10 Reunión 3	18:30 Reunión 3. Consolida
21:30 Ldeg20						19:00 REUNION 2 GRUPO M
22:00 REUNION-2_Reparto4						20:30 REUNIÓN SEGUIMEN

**Figura 1.20. Calendario Podio.**

### 1.4.2. BIMcollab®



# BIMcollab

Es la plataforma de colaboración que nos ofrece un flujo de trabajo eficiente permitiendo a los usuarios:

- Visualizar y validar modelos de disciplina complejos.
- Crear, filtrar y consultar asuntos dentro de su propia herramienta BIM preferida.
- Compartir, gestionar y colaborar en asuntos de BIM a través de la nube.

Permite la publicación de problemáticas en una interface común para todos aquellos agentes asociados a la cuenta.

Es una solución que aloja el archivo BCF, compartiendo a través de la sincronización con los programas de escritorio.

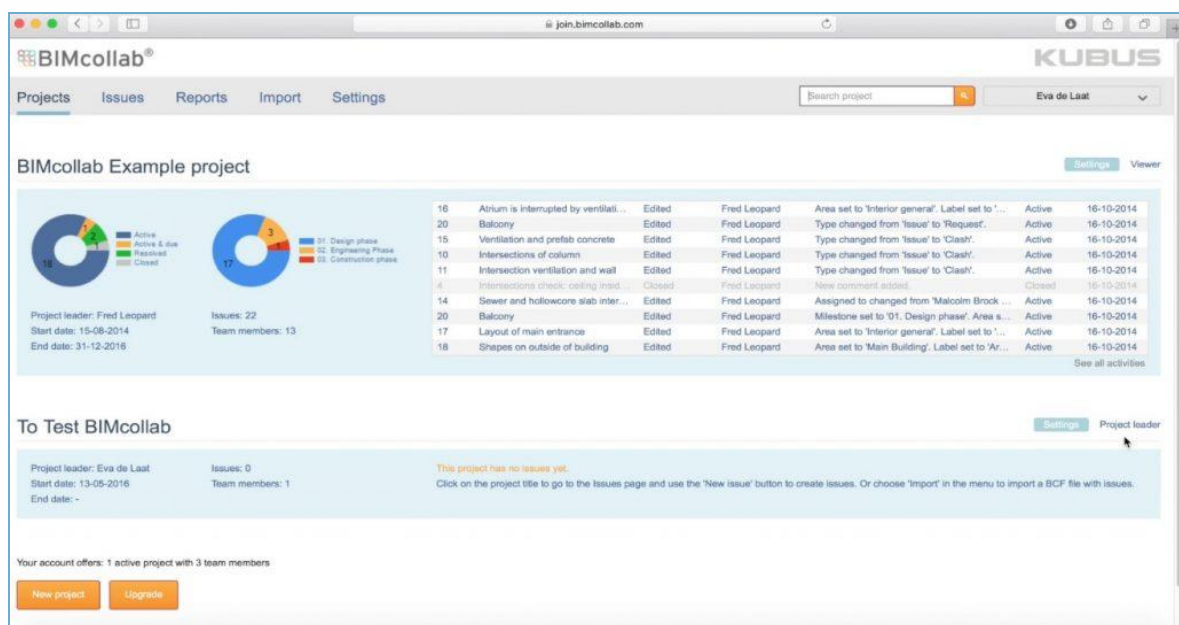


Figura 1.21. Menú principal BIMcollab.

Muestran las incidencias publicadas por los distintos agentes. Cada incidencia contiene una imagen que debe definir claramente la situación del problema, el estado en que se encuentra la consulta y quien lo publica.

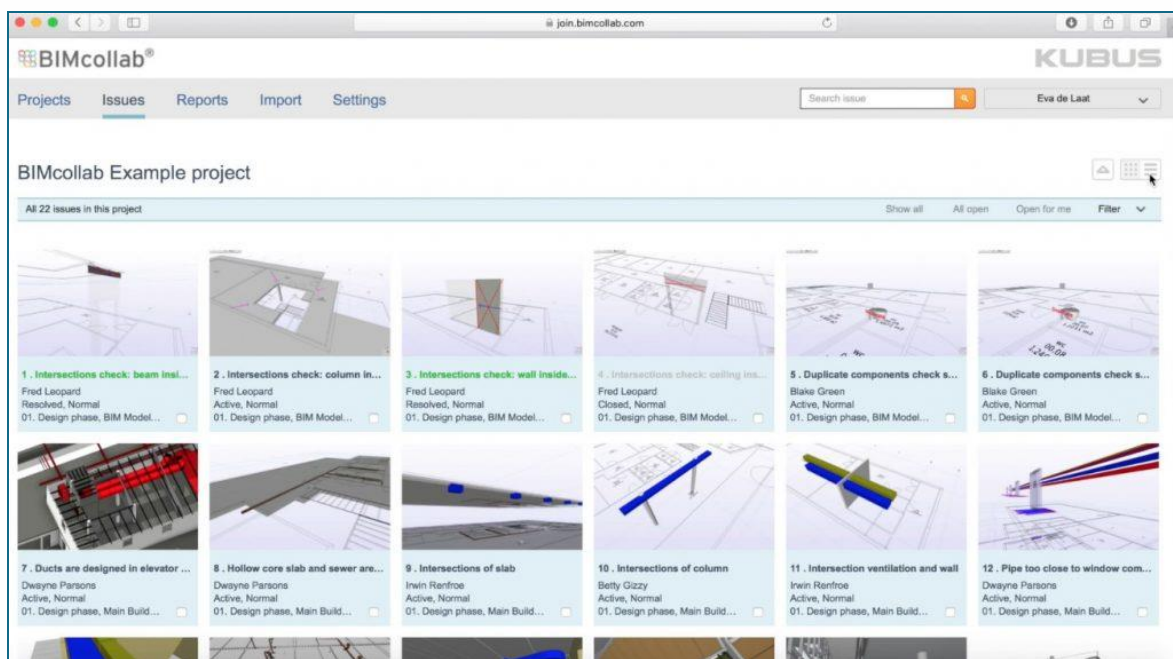


Figura 1.22. Menú de Incidencias en BIMcollab.

Opciones de publicación a obtener con la herramienta:

- **Asociación del Responsable de Resolución:** Es aquel o aquellos Agentes que dan la solución a la incidencia planteada y definen cuándo queda resuelta.
- **Fecha Límite:** Para la resolución de la incidencia, opción de gran valor para el registro y compromiso de los diferentes agentes.
- **Agentes Vinculados:** A parte del Responsable de Resolución puede que una incidencia afecte a más de un agente, con ésta opción permite que se notifique a quienes quiera y crea oportuno el agente que publica la incidencia.
- **Área y Fase:** Permite definir en qué Área de trabajo (Zonas de la Obra, niveles, etc.) y Fases (Diseño, Pre-construcción, Puesta en obra, etc.) se ha detectado la incidencia.
- **Archivos Adjuntos:** Se adjunta imágenes, bocetos, croquis, documentos y otros formatos de archivos adjuntos que ayuden a la identificación y resolución de éstas.

Para la coordinación de incidencias, se dispone en plataforma online mediante navegador, aplicación de escritorio y móvil y como “*plug-in*” para alguno de los softwares con más presencia como Revit, Navisworks, Solibri y Tekla.

FLUJO DE TRABAJO CON BIMCOLLAB					
INICIO DEL CICLO					
Coordinador de cada Especialidad	2xxx_Publicación	Carpeta del Local 0214.21_BCF	2500_Coordinación_3D 2510_Publicación	2500_Coordinación_3D 2320_Documentación	Coordinador General
Cada Coordinador deposita los archivos IFC en la carpeta de 2xxx_Publicación Correspondiente a su disciplina	→				
Cada Coordinador ,baja el archivo .IFC correspondiente a la disciplina de los demás coordinadores para realizar la detección de colisión con el software definido	←				
Crea presentación BCF de la primera comprobación del modelo y lo guarda		→			
En la Plataforma elegida, abre sin conexión con el BCF Manager, el archivo BCF. Corrige fichero y soluciona Incidencias		←			
Crea IFC1 y lo sube a GD	Guarda IFC0 y IFC1		→		
			→		Coge IFC de sus colaboradores. Valida con el ROL de coordinador y por disciplina
				Guarda archivos .XLS y/o .PDF de la validación	Crea Presentación -BCF e Informes
					Realiza Revisión con Colaboradores, Avisa en Podio
			Guarda BCF FEDERADO y por DISCIPLINA		Cambia Status a Asignado y Sube al BIMcollab
Sincroniza con BIM collab, desde la plataforma Bim, por medio del BCF Manager. Corrige y Comenta las incidencias en la plataforma BIM y BCF Manager, CREA IFC2	Guarda IFC2				
	Coge IFCs y FEDERA IFCs de sus Colaboradores				Comparación de IFC1 & IFC2
		Guardar archivo de colisiones federado de los ciclos por disciplina		Guarda archivos .XLS y/o .PDF de la validación	Comprueba si incidencias fueron solucionadas. Cierra incidencias. Crea Presentación e Informes.
	Guarda archivos de Colisiones Federados x ciclo.				Los modelos IFC del Archivo Federado
				Se repite todo el procedimiento hasta que concluya el ciclo	

Tabla 1.6. Flujo de Trabajo con BIMcollab.

### 1.4.3. TABLÓN DE ANUNCIOS Y NOVEDADES DE LAS CUÁLES TODO EL EQUIPO DEBE ESTAR INFORMADO

El espacio **Actividad** de Podio será el tablón de anuncios y de novedades.

Todos en la organización pueden publicar actualizaciones, hacer preguntas y compartir conocimientos, incluidos enlaces, imágenes y documentos. Lo cual ayudará a crear un equipo unificado en la organización.

“Potencia las buenas relaciones y la motivación entre colegas con la posibilidad de darle a me gusta en mensajes de estado, comentarios, tareas y cualquier trabajo que se realice en Podio”.

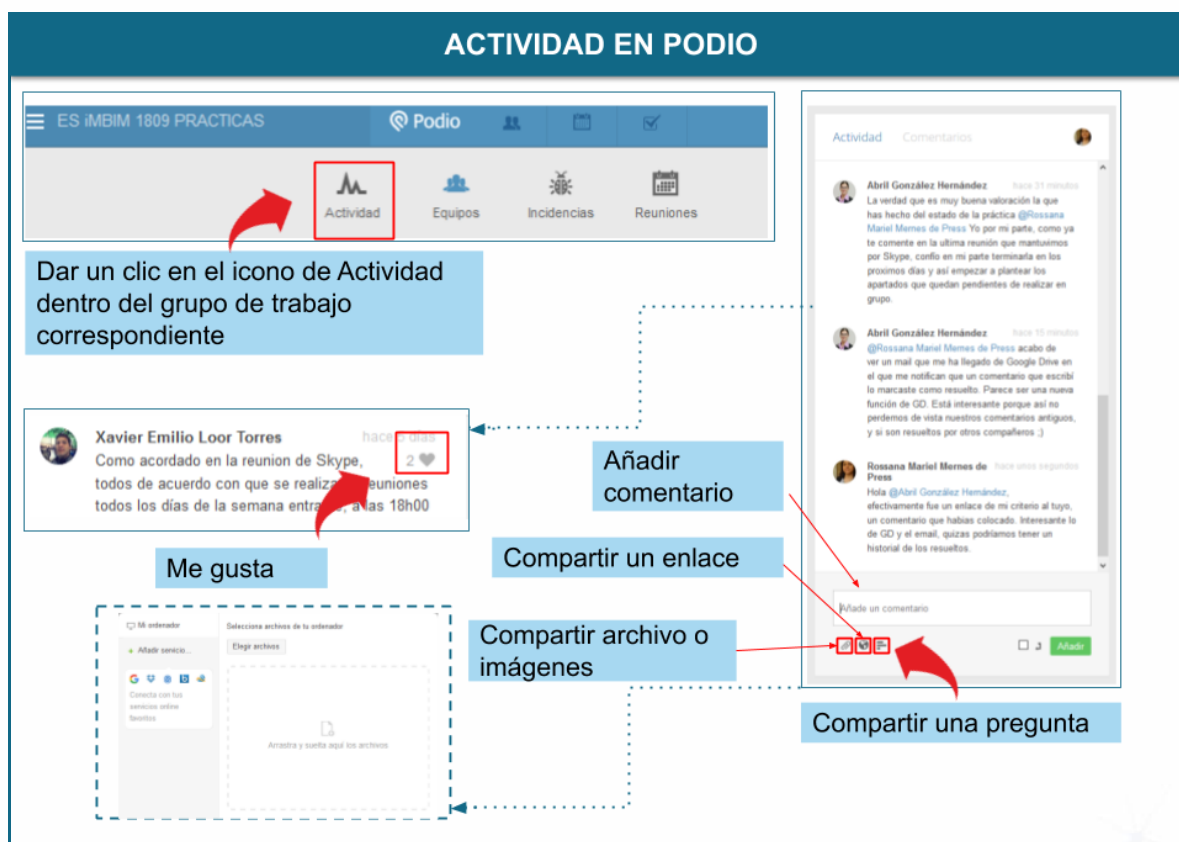


Figura 1.23. Actividad en Podio.

### 1.4.4. COMENTARIOS Y CHAT PARA CONVERSACIONES ENTRE PERSONAL Y EQUIPOS

Se pone a disposición varios medios electrónicos para las conversaciones entre todos los agentes intervinientes



MEDIO DE COMUNICACIÓN	
ACCIÓN	HERRAMIENTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Actividad/Comentario/Chat referente al proyecto.</li> <li>Agenda de Reuniones</li> <li>Agendar Tareas</li> <li>Convocaciones</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Video llamadas/Presentaciones</li> <li>Especificar el tema.</li> <li>Agendar con plazo de 2 días</li> <li>Caso urgencia, aviso por chat genérico o Podio.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Chat genérico</li> <li>Para avisos urgentes, aclarando la cuestión luego en Podio o en algún informe.</li> <li>Para uso personal o privado entre los agentes intervinientes</li> </ul>	

Tabla 1.7. Medio de comunicación.

## 1.5. DEBATE Y DIVERGENCIAS. RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Se debate con el propósito de entender la postura de los otros y la de uno mismo a través de escuchar con el fin de ampliar la visión mediante la escucha de los mensajes de los otros, quienes son una fuente de riqueza cuando se aprende a escuchar y debatir con el fin de llegar acuerdos que benefician a todos y sobre todo al proyecto. En toda situación puede haber divergencia sobre algún punto específico, en esta situación apóyese en los Códigos de Comunicación.

Códigos de comunicación:

- Procure que los mensajes sean claros, directos y específicos.
- Conozca bien cuáles son sus responsabilidades y a su vez sepa cuáles son las responsabilidades de sus compañeros.
- Desarrolle la capacidad de escucha.
- Tómese el tiempo para dar o responder a un mensaje.
- Permita que la gente se exprese con confianza.

Para la resolución de algún conflicto:

- Se puede resolver, vía telefónica, vía correo electrónico o solicitando reunión presenciales y/o por Skype con los agentes necesarios.
- Si no se llega a un acuerdo, contactar con el BIM Coordinador General para resolver el problema. Realice el [reporte de incidencia](#).
- Si aún no se resuelve el problema, el BIM Coordinador General escalará a un nivel superior contactando con el BIM Manager.
- Se fijará una fecha de reunión que será dirigida por el BIM Manager o el BIM Coordinador General dependiendo del caso expuesto en los puntos anteriores.
- La discusión se limita a los temas específicos de acuerdo a la agenda de reunión.
- Mantener un clima agradable manteniendo los códigos de comunicación.
- Las reuniones se documentan, mediante Actas, donde se indica los nombres de los participantes en la reunión y los puntos a tratar, así como los acuerdos alcanzados.
- Utilizar lenguaje claro, evitando uso de jergas o terminología muy técnica, a fin de evitar barreras que puedan perjudicar la comunicación.
- Dependiendo de la situación ya expuesto en los puntos iniciales, en caso de divergencias, el BIM Manager o el BIM Coordinador General harán de facilitador para minimizar los conflictos, registrar las polémicas y distribuir el tiempo de las intervenciones.
- Comunicar los resultados de la reunión a todos los interesados, impreso y/o por correo electrónico.

#### 1.5.1. DIAGRAMAS DE INTERVENCIÓN BIM EN MODELOS ESTRUCTURALES

A Continuación se presenta diagramas de proceso de intervención en BIM estructural para el caso cuando existan emergencias para modificaciones y proceso de aprobación, como también cuando este se concluya consecuentemente de la colaboración.



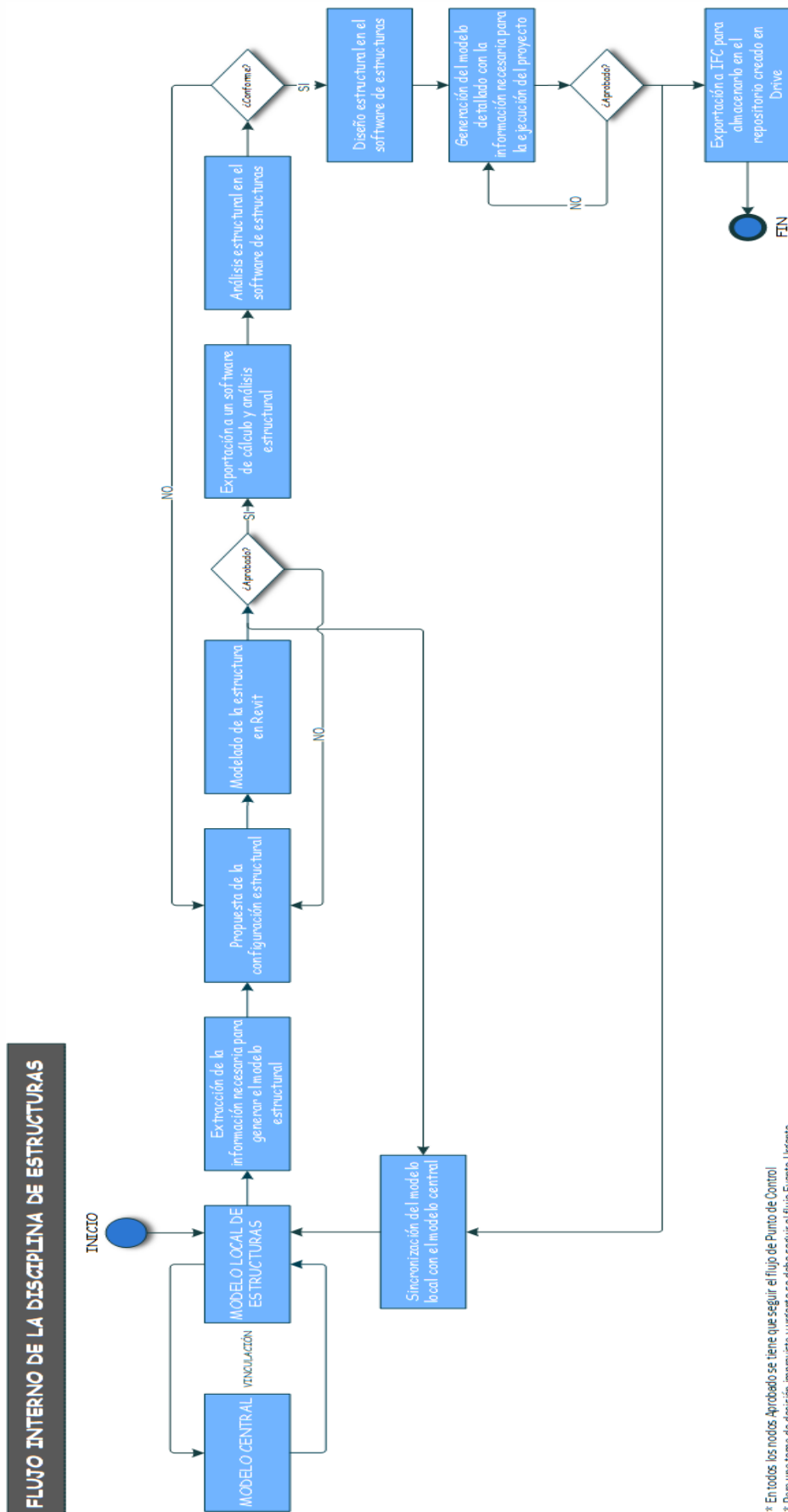


Figura 1 .24. Diagrama 01.



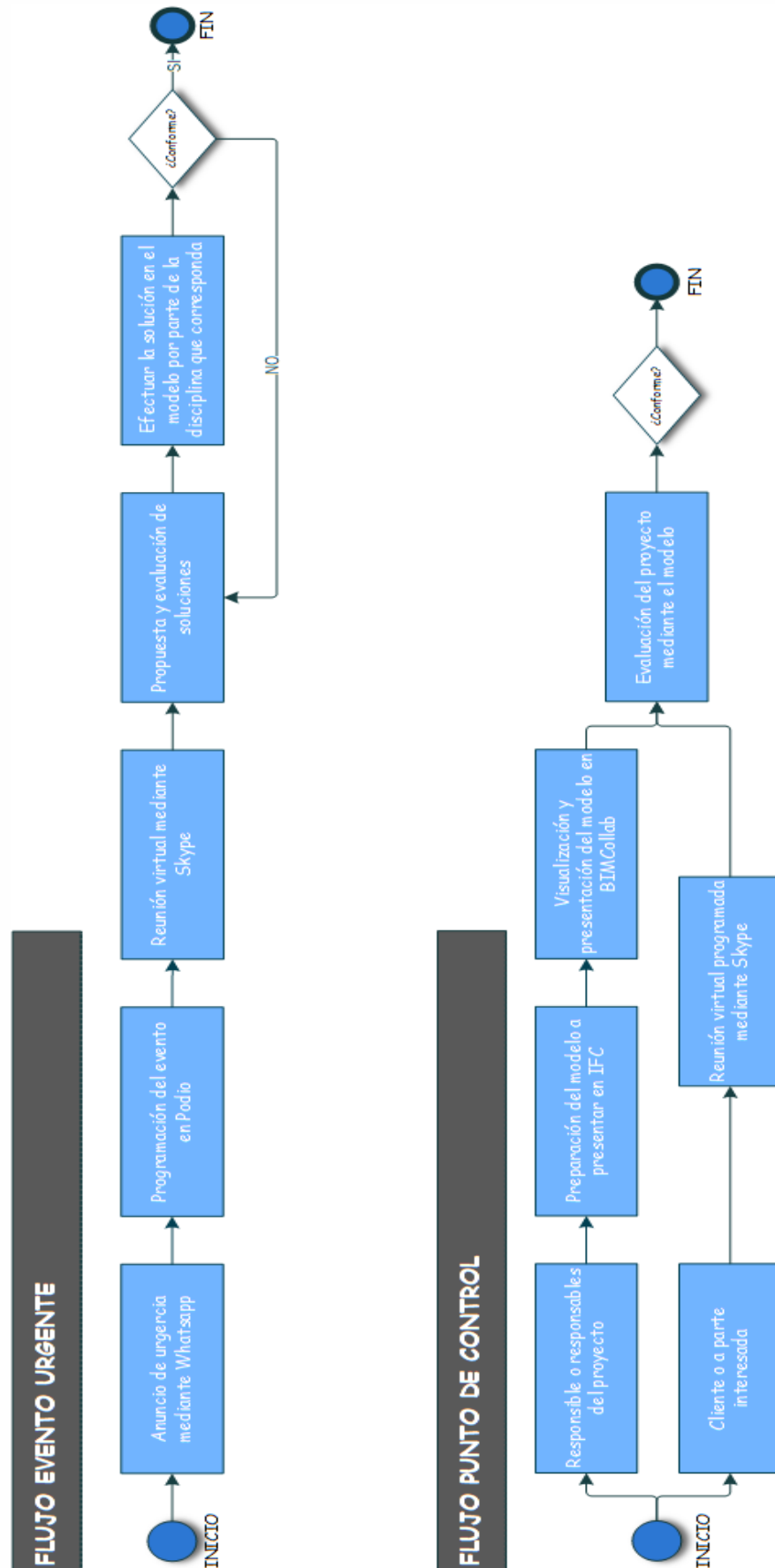


Figura 1 .25. Diagrama 02.

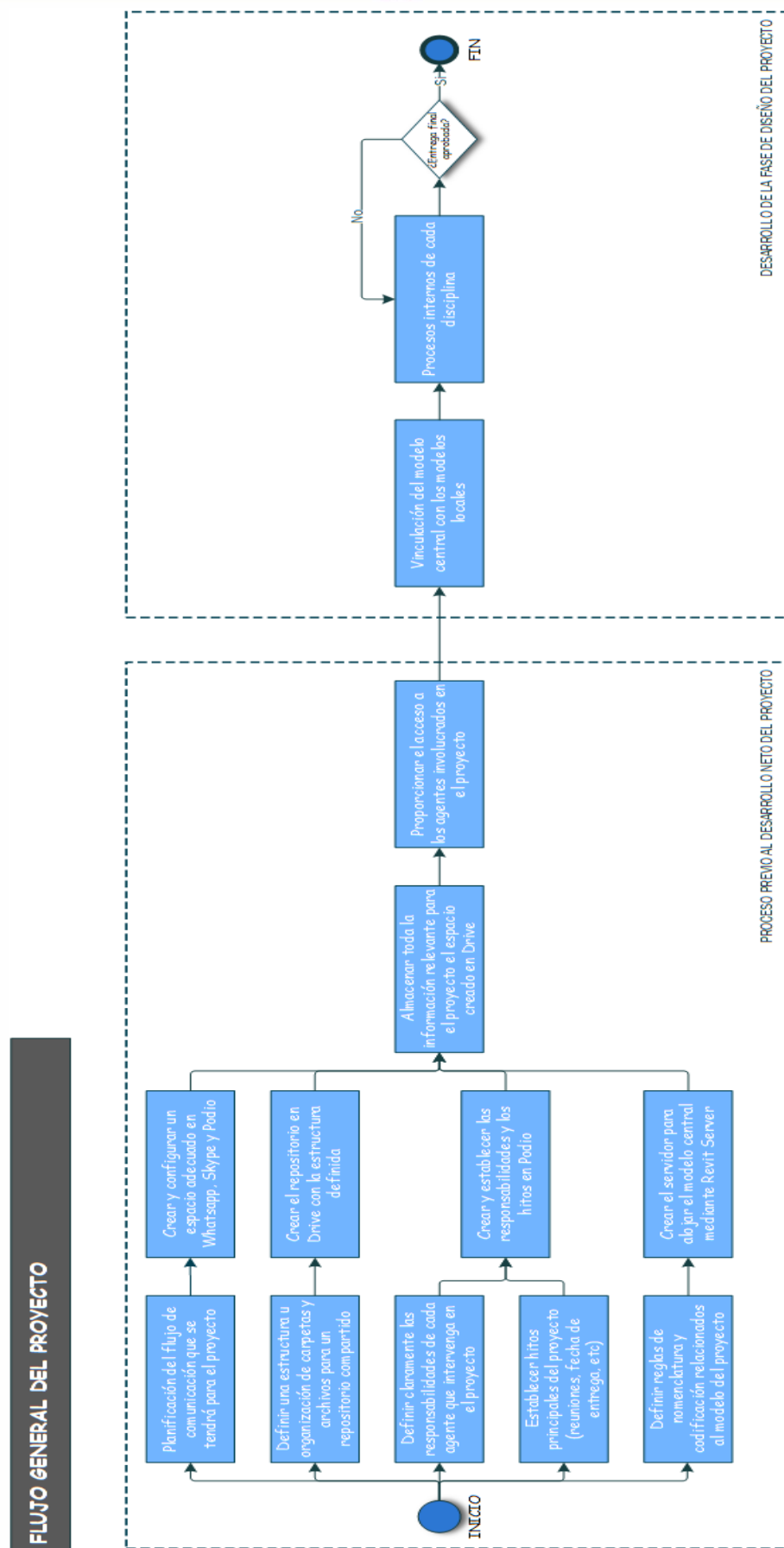
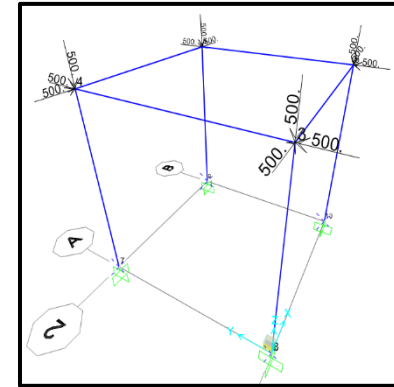
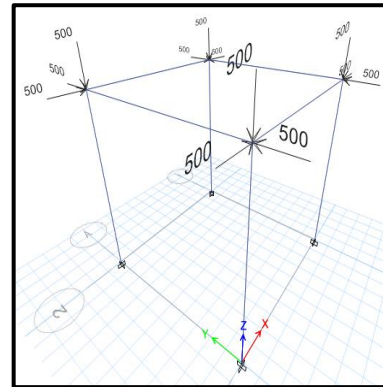
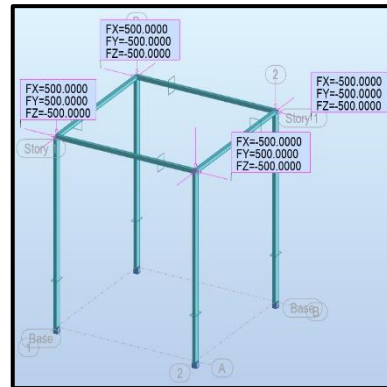


Figura 1 .26. Diagrama 03.

## APÉNDICE B: Robot vs Sap2000 vs Etabs vs Calculo Manual

Modelos realizados en Revit, Robot, Etabs y Sap200 respectivamente



Calculo manual

Matriz Global Ensamblada (Nodos Libres)																												
Fuerzas	NODO	5					6					7					8					Desplazamientos y Giro						
500	5	43526	0	0	0	-8695	-4347	-43474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	0	0	0	0	-4347	Ux5		
500			0	43631	0	34779	0	4347	0	-17	0	0	0	4347	0	0	0	0	0	0	-43474	0	0	0	0	Uy5		
-500			0	0	86983	4347	-4347	0	0	0	-17	0	-4347	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	4347	0	0	Uz5		
0			0	34779	4347	1329735	0	0	0	0	0	-255109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4347	724569	0	0	Gx5		
0			-8695	0	-4347	0	4602522	0	0	0	4347	0	724569	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-255109	0	Gy5		
0			-4347	4347	0	0	0	3727473	0	-4347	0	0	0	724569	0	0	0	0	0	4347	0	0	0	0	724569	Gz5		
-500	6	-43474	0	0	0	0	0	43526	0	0	0	-8695	-4347	-17	0	0	0	0	-4347	0	0	0	0	0	0	Ux6		
500			0	-17	0	0	0	-4347	0	43631	0	34779	0	-4347	0	-43474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Uy6		
-500			0	0	-17	0	4347	0	0	0	86983	4347	4347	0	0	-17	4347	0	0	0	0	0	0	0	0	Uz6		
0			0	0	0	0	-255109	0	0	34779	4347	1329735	0	0	0	-4347	724569	0	0	0	0	0	0	0	0	Gx6		
0			0	0	0	-4347	0	724569	-8695	0	4347	0	4602522	0	0	0	0	-255109	0	0	0	0	0	0	0	Gy6		
0			0	4347	0	0	0	724569	-4347	-4347	0	0	0	3727473	4347	0	0	0	0	724569	0	0	0	0	0	0	Gz6	
-500	7	0	0	0	0	0	0	-17	0	0	0	0	4347	43526	0	0	0	-8695	4347	-43474	0	0	0	0	0	X	Ux7	
-500			0	0	0	0	0	0	0	-43474	0	0	0	0	0	43631	0	34779	0	4347	0	-17	0	0	4347		Uy7	
-500			0	0	0	0	0	0	0	0	-17	-4347	0	0	0	0	86983	-4347	-4347	0	0	-17	0	-4347	0		Uz7	
0			0	0	0	0	0	0	0	0	4347	724569	0	0	0	34779	-4347	1329735	0	0	0	0	-255109	0	0		Gx7	
0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-255109	0	-8695	0	-4347	0	4602522	0	0	4347	0	724569	0		Gy7	
0			0	0	0	0	0	0	-4347	0	0	0	0	724569	4347	4347	0	0	3727473	0	-4347	0	0	0	724569		Gz7	
500	8	-17	0	0	0	0	4347	0	0	0	0	0	0	-43474	0	0	0	0	0	43526	0	0	0	-8695	4347	X	Ux8	
-500			0	-43474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	0	0	0	-4347	0	43631	0	34779	0	-4347		Uy8	
-500			0	0	-17	-4347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-17	0	4347	0	0	86983	-4347	4347	0	0		Uz8	
0			0	0	0	4347	724569	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-255109	0	0	34779	-4347	1329735	0	0		Gx8	
0			0	0	0	0	0	-255109	0	0	0	0	0	0	0	0	-4347	0	724569	0	-8695	0	4347	0	4602522		0	Gy8
0			-4347	0	0	0	0	724569	0	0	0	0	0	0	0	4347	0	0	0	724569	4347	-4347	0	0	0		3727473	Gz8

Resultados

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Robot	-0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	-29.995201	0.000000	Etabs	-0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	-29.995201	0.000000
	0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	29.995201	0.000000		0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	29.995201	0.000000
	0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	29.995201	0.000000		0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	29.995201	0.000000
	-0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	-29.995201	0.000000		-0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	-29.995201	0.000000
Sap2000	-0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	-29.995201	0.000000	Cálculo Manual	-0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	-29.995201	0.000000
	0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	29.995201	0.000000		0.079987	-0.235183	500.000000	105.832549	29.995201	0.000000
	0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	29.995201	0.000000		0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	29.995201	0.000000
	-0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	-29.995201	0.000000		-0.079987	0.235183	500.000000	-105.832549	-29.995201	0.000000

## Apéndice C: Control de calidad de los modelos

INVENTARIO BIM			
<b>Ubicación:</b>			
<b>Inspector:</b>			
<b>Destino:</b>		<b>Versión:</b>	
<b>Fecha de la versión:</b>		<b>Hora:</b>	

					<b>LEYENDA:</b> ✓    - Bueno x    - Deficiente o    - Irrelevante	
	✓	x	o		<b>Comentarios</b>	
Especificación BIM.						
Formato de archivo de los modelos compatibilizados (IFC y otros archivos acordados).						
Los elementos de construcción se corresponden con los documentos de mediciones.						
El modelo coincide con los documentos de medición (muestreo aleatorio).						
Coordinar que se han utilizado los planos de imagen compatibilizados.						
Las capas se definen.						
Elementos de construcción y los espacios definidos en capas.						
Los acuerdos/requisitos de los espacios y elementos de construcción se han modelado con las herramientas adecuadas.						
Los elementos estructurales se han modelado con las herramientas adecuadas.						
Modelo, no hay partes adicionales en el edificio.						
El modelo no está anidado o no existen elementos de construcción duplicados.						
El modelo no está anidado o no existen elementos de construcción duplicados.						
El área bruta de los locales se corresponde con el área de los espacios definidos por muros y otros						

elementos estructurales.				
La altura de los ambientes del modelo se corresponde con los requisitos.				
Los ambientes están definidos por muros u otros elementos.				
El espacio no se solapa.				

**Tabla C.1. Inventario BIM**

BIM ESPACIAL			
<b>Ubicación:</b>			
<b>Inspector:</b>			
<b>Destino:</b>		<b>Versión:</b>	
<b>Fecha de la versión:</b>		<b>Hora:</b>	

					<b>LEYENDA:</b> ✓    - Bueno ✗    - Deficiente O    - Irrelevante
	✓	✗	O		<b>Comentarios</b>
Especificación BIM.					
Formato de archivo de los modelos compatibilizados (IFC y otros archivos acordados) y planos de documentación contratados.					
El sistema de coordenadas está en conformidad con el acordado.					
Elementos estructurales.					
Los elementos de construcción y los espacios están definidos en capas del modelo.					
Los acuerdos/requisitos de los espacios y elementos de construcción se han modelado con las herramientas adecuadas.					
Modelo, no hay partes adicionales del edificio.					
El modelo no está anidado o no existen elementos de construcción duplicados.					
No existe superposición o solape entre los elementos importantes de construcción.					

Los nombres de los espacios y otros componentes se corresponden con los definidos en el programa. La extensión de la descripción de los componentes de los nombres y los tipos están de acuerdo, de acuerdo con el estado de las variables se utilizan.				
Las áreas de los ambientes corresponden con el programa.				
En los ambientes, muros y elementos estructurales se han previsto espacios para el pase de las instalaciones.				
La altura de los ambientes corresponde con la de las paredes circundantes.				

**Tabla C.2.BIM Espacial**

CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS BIM (ARQ + STR)			
<b>Ubicación:</b>			
<b>Inspector:</b>			
<b>Destino:</b>		<b>Versión:</b>	
<b>Fecha de la versión:</b>		<b>Hora:</b>	

<b>LEYENDA:</b> ✓    - Bueno ✗    - Deficiente O    - Irrelevante				
	✓	✗	O	Comentarios
Especificación BIM.				
Formato de archivo de los modelos compatibilizados (IFC y otros archivos acordados).				
Las capas se definen.				
Los componentes se definen en capas.				
Los acuerdos/requisitos de los espacios y elementos de construcción se han modelado con las herramientas adecuadas.				
Los componentes se definen por sistemas.				
Los nombres de los sistemas se corresponden con lo acordado.				

Los colores de los sistemas se corresponden con lo acordado.				
Modelo, no hay partes adicionales del edificio.				
El modelo no está anidado o no existen elementos de construcción duplicados.				
El modelo no tiene ningún solape significativos entre sus componentes.				
No hay conflictos entre elementos de construcción y componentes eléctricos.				
No hay conflictos significativos en cuanto a estructura.				
No hay conflictos significativos entre elementos arquitectónicos.				

**Tabla C.3 Construcción de elementos BIM**

FUSIONADO BIM			
<b>Ubicación:</b>			
<b>Inspector:</b>			
<b>Destino:</b>		<b>Versión:</b>	
<b>Fecha de la versión:</b>		<b>Hora:</b>	

<b>LEYENDA:</b> ✓    - Bueno ✗    - Deficiente O    - Irrelevante				
	✓	✗	O	<b>Comentarios</b>
Especificación BIM.				
Formato de archivo de los modelos compatibilizados (IFC y otros archivos acordados).				
El sistema de coordenadas se corresponde con el acordado.				
Las capas están definidas.				
Los elementos estructurales se definen en capas.				
Elementos constructivos están numerados individualmente.				

Se han modelado elementos de construcción acordados por los requisitos.				
Los elementos estructurales se modelan con las herramientas adecuadas.				
Las estructuras son nombradas según lo acordado en el programa.				
Modelo, no hay partes adicionales en el edificio.				
El modelo no está anidado o no tiene elementos de construcción duplicados.				
El modelo no tiene partes importantes del edificio entre los cortes.				
Los elementos estructurales y arquitectónicos del modelo se corresponden entre sí.				
Existe correspondencia entre las aberturas o vacíos de los modelos arquitectónicos y estructurales.				
Se admiten las estructuras.				
La estructura ha previsto reservas para el pase de los sistemas MEP.				

**Tabla C.4 Fusionado BIM**